تصویر ابو عبدالرحمن الکردی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت صنایع و معادن
دفتر امور محیط زیست

۵

مقدمه‌ای بر

تصفیه بی هوازی پسابهای صنعتی



راهنمایی جهت آشنایی با تصفیه بی هوازی پساب و کاربرد عملی آن در صنعت

نظارت و ویرایش علمی: دکتر غلامرضا نبی بیدهندی
تالیف: مهندس شاهین محمد نژاد - مهندس ناهید صالح

مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

بسم الله الرحمن الرحیم

انتشارات علمی کالج
سنندج خ پاسداران مجتمع
نجاری کردستان طبقه همکف واحد ۱۶۱و۱۶۲
تلفن:۳۲۲۳۷۲۳۷-۳۲۹۱۰۸۶ فاکس:۳۲۲۳۵۷۹۶

مقدمه ای بر

تصفیه بی هوازی پساب های صنعتی

راهنمایی جهت آشنایی با تصفیه بی هوازی پساب و کاربرد عملی آن در صنعت

ویرایش علمی و نظارت: دکتر غلامرضا نبی بیدهندی
مولفین: مهندس شاهین محمدنژاد - مهندس ناهید صالح

محمدنژاد، شاهین، ۱۳۴۶ -
مقدمه ای بر تصفیه بی‌هوازی پسابهای صنعتی راهنمایی جهت آشنایی با تصفیه بی هوازی پساب و کاربرد عملی آن در صنعت/ مولفین شاهین محمدنژاد، ناهید صالح؛ ویرایش علمی و نظارت غلامرضا نبی بیدهندی .- - تهران : مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران ، ۱۳۸۵ .
۸۰ ص. : مصور.
ISBN 964-7300-79-4
فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا .
کتابنامه: ص. ۷۹ - ۸۰.
۱. فاضلاب- - تصفیه- - لجن فعال. ۲. لجن فاضلاب- - تثبیت. ۳. باکتریهای بی هوازی. الف. صالح، ناهید، ۱۳۴۴ - . ب. مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران. ج. عنوان.

۶۲۸/۳۵۴   TD ۷۵۶ / م۳م۷
۱۱۷۲۲-۸۵م   کتابخانه ملی ایران

انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

مقدمه‌ای بر تصفیه بی هوازی پسابهای صنعتی

راهنمایی‌هایی جهت آشنایی با تصفیه بی‌هوازی پساب و کاربرد عملی آن در صنعت

- **مؤلفین :** مهندس شاهین محمدنژاد – مهندس ناهید صالح
- **نظارت و ویرایش علمی :** دکتر غلامرضا نبی بیدهندی
- **ویرایش ادبی :** شبنم رضوی
- **سال چاپ :** ۱۳۸۵
- **نوبت چاپ :** اول
- **تیراژ :** ۱۵۰۰ جلد
- **لیتوگرافی :** عابد
- **چاپ :** دریا
- **صحافی:** سپیدار
- **شابک :** ۴-۷۹-۷۳۰۰-۹۶۴   ISBN : *964-7300-79-4*

- **ناشر :** انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

تهران- خیابان ایرانشهر شمالی – شماره ۲۱۷
تلفن:۸۸۳۰۰۹۷۳ و ۹-۸۸۳۱۰۱۱۳ نمابر: ۸۸۳۰۱۲۶۵

★ این کتاب با حمایت شرکت صنعتی کروز انتشار یافته است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار	۷
فصل ۱ :تصفیه پساب	۹
۱-۱- تصفیه بیولوژیکی	۱۱
۲-۱- تصفیه هوازی	۱۱
۳-۱- تصفیه بی هوازی	۱۱
۴-۱- مقایسه سیستم های تصفیه هوازی و بی هوازی	۱۲
۱-۴-۱- مزایای فرآیند بی هوازی در مقایسه با هوازی	۱۲
۲-۴-۱- معایب فرآیند های بی هوازی در مقایسه با هوازی	۱۴
فصل ۲ :مکانیسم تصفیه بی هوازی پساب	۱۷
۱-۲- شرح فرآیند	۱۹
۲-۲- عمل سنتز	۱۹
۳-۲- میکرو بیو لوژی فرآیند	۲۰
۴-۲- مراحل مختلف تجزیه بیولوژی به روش بی هوازی	۲۱
۱-۴-۲- هیدرولیز	۲۱
۲-۴-۲- تخمیر	۲۲
۵-۲- تولید گاز متان	۲۲
فصل ۳ :روشهای متداول تصفیه بی هوازی	۲۵
۱-۳- فرآیند هضم سنتی	۲۶
۲-۳- فرآیند بی هوازی تماسی	۲۷
۳-۳- فرآیند فیلتر بی هوازی با جریان بالا رو	۳۰
۴-۳- راکتور با بستر ثابت جریان پائین رو	۳۲
۵-۳- فرآیند بستر گسترش یافته و بستر سیال شده	۳۲

۶-۳- فرآیند بی هوازی جریان بالا رو با پوشش لجنی (UASB) ۳۴
۱-۶-۳- کار آئی راکتور (UASB) ۳۶
۷-۳- سپتیک تانک ۳۸
۸-۳- ایمهف تانک ۴۴
۹-۳- فرآیند هضم بی هوازی لجن ۴۶
۱۰-۳- برکه های تثبیت پساب ۵۳
۱-۱۰-۳- تصفیه در برکه تثبیت بی هوازی ۵۴
۲-۱۰-۳- تصفیه در برکه های اختیاری ۵۵
۳-۱۰-۳- وضعیت قرار گرفتن سیستم های برکه ای ۵۷
۴-۱۰-۳- موقعیت و جهت برکه ای ۵۷
۵-۱۰-۳- عوامل موثر در تصفیه برکه ای ۵۷
۱-۵-۱۰-۳- عوامل طبیعی ۵۸
۱-۱-۵-۱۰-۳- اثر باد ۵۸
۲-۱-۵-۱۰-۳- دما ۵۸
۳-۱-۵-۱۰-۳- بارش ۵۸
۴-۱-۵-۱۰-۳- تبخیر ۵۹
۵-۵-۱۰-۳- نشت ۵۹
۲-۵-۱۰-۳- عوامل فیزیکی ۵۹
۱-۲-۵- سطح ۵۹
۲-۲-۵- عمق آب ۶۰
۳-۲-۵- اتصال کوتاه ۶۰
۱۱-۳-نکات قابل توجه در برکه های بی هوازی ۶۱
۱-۱۱-۳- پوشش کف ۶۱
۲-۱۱-۳-پوشش سطح شیبدار ۶۱

فصل ۴ : مقایسه کارآیی تعدادی از روشهای بی هوازی ۶۳

۱-۴- بار ورودی ۶۵

۲-۴-راندمان حذف COD ۶۷

۳-۴- سرعت تولید گاز متان ۶۷

۴-۴- اختلاط و توزیع خوراک ۶۷

۵-۴- حذف مواد معلق ۶۸

۶-۴- راه اندازی راکتورها ۶۸

۷-۴- بار هیدرولیکی بالا ۶۹

۸-۴- عملکرد فصلی ۶۹

لغت نامه ۷۱

کتابنامه ۷۷

پیشگفتار

مجموعه ای که پیش رو دارید ، **پنجمین** کتاب از مجموعه "مبانی زیست محیطی صنعت "است . این مجموعه با هدف آموزش مطالب علمی کاربردی و در عین حال ساده و مفهوم در مقوله مسائل زیست محیطی در حال تدوین و انتشار است و محورهای مختلفی از قبیل کنترل آلودگی هوا ، سیستمهای مدیریت زیست ، مدیریت پسماندها ، سیستمهای تصفیه پساب و تکنولوژیهای پاک را در برمی گیرد . تحول در راهبردهای حفاظت محیط زیست ، حاکی از تحول روبه تکامل رویکردهای زیست محیطی می باشد که در رابطه با بسط مفهوم توسعه قرار می گیرند . در چند دهه اخیر ،تحول های مختلف صنعتی عبارت بوده اند از نادیده گرفتن مشکل ، رقیق کردن (Dilution) ، کنترل آلودگی در انتهای خط(End-of-pipe)، بازیافت ، استفاده مجدد و پیشگیری از آلودگی - (Pollution Prevention) که هر یک از این رویکردها در دوره زمانی خاصی مورد توجه قرار گرفته است . با توجه به روند روبه رشد صنایع و فراگیر شدن آلودگی ناشی از آنها ، اخیرا توجه به رویکردهای بیولوژیک رشد فزاینده ای یافته است .

روش های مختلف تصفیه بیولوژیک پساب شهری و صنعتی ، طی نیمه دوم قرن بیستم توسعه یافت وشاید لجن فعال به عنوان متداول ترین آن ها مطرح گردید .اما واقعیت این است که روش های هوازی تصفیه پساب دارای یک محدودیت اساسی می باشند زیرا هزینه های جاری تصفیه خانه های پساب با استفاده از روش‌های متعارف بسیار بالاست بعنوان مثال در روش لجن فعال ،تنها مصرف برق برای حذف هر تن .... حدود ۱۲۰۰ کیلو وات ساعت است که نیازمند برق ارزان و یا پرداختی ماهانه بسیار زیاد خواهد بود . براین اساس توسعه روش‌های تصفیه بی هوازی برای تصفیه پساب های شهری و صنعتی در سال های اخیر رویکرد سرمایه گذاری در سیستم های تصفیه را متحول ساخته است . تصفیه بی هوازی که همیشه به علت وجود محدودیت در تولید بوی

نامطبوع به فراموشی سپرده می شد، امـروزه بـه دلیـل ظرفیت قابل قبـول در تصفیه‌پساب های با BOD بالا ، باهدف استفاده مهندسین ، سرپرستان و تکنسین های تصفیه خانه های پساب به عنوان قدم اول در این زمینه مطرح می گردد و بدون شک در قرن جدید سایر روشهای تصفیه فاضلاب را تحت تاثیر خود قرار خواهد داد.

در این کتاب پس از مروری برروش هـای تصفیـه پساب ، مکانیسم تصفیه بی هوازی فاضلاب بیان شده ،به روش‌های متداول تصفیه بی هوازی اشاره گردیده است و کـارایی برخی از آن ها با یکدیگر مقایسه گردیده اند .

بدیهی است که کتاب فاقد اشکال نبوده و تهیه کنندگان آن منتظر دریافت نظرات سازنده و پیشنهادات استفاده کنندگان گرامی‌در جهت رفع ایرادات و اشکالات احتمالی وارتقاء سطح سایر کتاب های در حال انتشار می باشند .

دفتر امور محیط زیست وزارت صنایع و معادن-زمستان ۱۳۸۴

آدرس:تهران ، خیابان استاد نجت الهی ، خیـابـان شهید کلانتری ، ساختمان شماره ۲ ، وزارت صنایع و معادن ، دفتر امور محیط زیست ، تلفن ، ۸۸۸۹۸۰۹۱-۸۱۷۶۲۱۸۷ نمابر : ۸۸۹۰۶۹۸۱

Email:environ-office@mim.gov.ir

فصل اول

تصفیه پساب

هر جامعه در اثر مصرف ،پسماند تولید می کند که این پسماند میتواند مایع یا جامد باشد . بخش مایع را اصطلاحاً پساب یا فاضلاب گویند که در اثر مصرف آب و آلوده‌سازی آن بر اثر مصارف مختلف به وجود می آید. فاضلاب ترکیبی است از مایع یا آب حاوی مواد زائد که از آزمایشگاه ها ، جوامع و صنایع دفع می شود و می تواند با آب های سطحی ،زیر زمینی و جریان ها ی سیلابی همراه باشد.

روش های مختلفی برای تصفیه این فاضلاب وجود دارد که همه این روش ها به سه شکل عمده فیزیکی ،شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می شوند.

۱ - ۱ - تصفیه بیولوژیکی

هدف از تصفیه بیولوژیکی فاضلاب تصفیه شیمیایی، حذف مواد محلول و کلوئیدی غیر قابل ته نشینی و تثبیت مواد آلی می باشد.

برای ایجاد یک چنین فرآیند طبیعی در یک زمان محدود و معقول تعداد زیادی میکروارگانیسم قابل دسترس در یک مخزن نسبتاً کوچک (راکتور) لازم است . در واقع سیستم های تصفیه بیولوژیکی برای بقاء و ماند جرم زیاد و فعال باکتریایی در داخل سیستم طراحی می شوند. با آنالیز مناسب و کنترل عوامل محیطی ، بسیاری از فاضلاب ها قابل تصفیه بیولوژیکی می باشند . به طور کلی روش ها ی تصفیه بیولوژیکی به دو گروه هوازی و بی هوازی طبقه بندی می شوند .[۱۵]

۲ - ۱ - تصفیه هوازی

در این روش باکتری ها ی هوازی با استفاده از اکسیژن محلول و یا تزریقی به فاضلاب ، مواد آلی را بصورت زیر تجزیه می نمایند .

مواد آلی فاضلاب (C,H,N,P,O,S) + اکسیژن + باکتری هوازی ⟶

سلولهای جدید میکروارگانیسم ها + انرژی + CO_2 + $H2O$

۳-۱- تصفیه بی هوازی

در این روش باکتری ها ی بی هوازی با استفاده از اکسیژن موجود در ترکیبات شیمیایی از قبیل SO4 وNO3 ، ترکیبات آلی‌را به صورت زیر تجزیه می نمایند و انرژی حاصل از آن راجهت فعالیت و تکثیرمورداستفاده قرار می دهند .

باکتری بی هوازی +((C,H,N,P,O,S مواد آلی فاضلاب + -NO3 + -PO4 + SO2

سلولها ی جدید + انرژی + $H_2S+PH_3+NH_3+CH_4+H_2O+CO_2$ ⟵

۴-۱- مقایسه‌سیستم تصفیه هوازی و بی هوازی

فرآیندهای تصفیه بی هوازی از حدود ۲۰۰۰ سال قبل‌به کارگرفته شده اند ، اما به دلیل پایین‌بودن راندمان و سرعت کم صرفاً درهضم لجن های غلیظ مـــورد استفـــاده قـــرار می گرفته اند. و گاز متان متصاعد شده به اتمسفر رها می گردید. تا اینکه دردهه هفتاد میلادی تحقیقـــات درزمینه افـــزایش سرعت واکنش دراین سیستم ها منجر به ابداع فرآیندهایی با سرعت بالاتر شد، به طوریکه آنها را قابل رقابت با فرایند های هوازی نمودو امروزه سیستم های تصفیه بی هوازی به عنوان یک روش ارزان قیمت درکشورهای درحال توسعه جهت تصفیه اغلب فاضلاب های صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند .

هر یک از روش‌های تصفیه هوازی و بی هوازی از امتیازات و معایبـــی برخـــوردار می باشند که بصورت اجمالی به آنها اشاره ای خواهیم داشت .

۱-۴-۱ مزایای فرآیند های بی هوازی در مقایسه با هوازی[۱۱ و ۱۵]

الف- تولید لجن بسیار کم

باکتریهای هـــوازی رشدی بسیـــار بالاداشته و قسمت اعظم مواد آلی فاضلاب رابه سلول‌های جدید تبدیل می کنند به طوریکه تقریباً به ازاء هرCODkg1 حدود ۵۰kg VSS تولید می شود ، درحالی که درسیستم های بی هوازی تقریباً ۱۰kg VSS تولید می شود. درفرایند هوازی موادآلی از فاضلاب جدا شده وبه سلول های جدید میکروبی تبـــدیل

می گردند.که در این صورت مواد آلی تثبیت نشده اند ،بلکه تغییر شکل داده‌اند با این تفاوت که سلول ها قابل جدا سازی ازفـاضــلاب هستند. در این روش حجم لجن تولید شده مشکلات فراوانی را ایجاد می کند ولی درروش بی هوازی قسمت اعظم مواد آلی قابل تجزیه بوده وبه گاز متان و دی اکسید کربن تبدیل می گردند و این نشان دهنده تثبیت فاضلاب است.

ب- احتیاج کم به مواد مغذی

از آنجا که درتصفیه بی هوازی قسمت کوچکی از فاضلاب به سلول ها ی جدید تبدیل می شود احتیاج به مواد مغذی همچون ازت و فسفر کم‌است. درحالیکه در سیستم های هوازی برای تامین نیاز باکتریایی غلظت فسفر و ازت بایستی نسبت BOD_5 :N:P حدوداً برابر ۱ :۵: ۱۰۰ باشدو این موضوع درتصفیه فاضلاب ها ی صنعتی که تا حدودی تهی از این عناصر می باشند حائز اهمیت است .

ج- عدم احتیاج به اکسیژن و تجهیزات هوادهی

درروش های هوازی مقدار اکسیژن عامل محدود کننده ای درتصفیه به شمار می آید برای مثال هواده های نفوذی ۴۵mg/l.h و هواده های سطحی مکانیکی ۶۰ mg/l.h تا ۷۵ و سیستم های انتقال دهنده گاز اکسیژن خالص ۱۵۰mg/l.h را می توانند انتقال دهند و سیستم های لجن فعال تقریباً مقدار ۱ mgo_2 / mgBOD اکسیژن رامورد مصرف قرار می دهند .

برای مثال فاضلاب های شهری بعد از ته نشینی دارای BOD_5 معـادل ۱۴۵mg/L- می‌باشند .در سیستم‌های‌لجن‌فعال‌درصورت‌استفاده‌ازهـــواده‌های‌نفـــوذی۵ساعت‌در صورت استفاده از هواده های مکانیکی سطحی ۳ ساعت و درصورت استفاده از سیستم انتقـــال دهنده اکسیژن خـــالص ۱/۵ ساعت وقت بـــرای هوادهـــی لازم است . برای فاضلاب های صنعتی که دارای بار آلی زیاد می باشند زمان لازم برای هوادهی خیلی بیشتر خواهد شد به همین دلیل برای فاضلاب های صنعتی سیستم های بی هوازی مناسب تر خواهند بود ، زیرا در این صورت هزینه ها بسیار کاهش خواهد یافت .

د- تولید محصول نهایی با ارزش

گازمتان تولید شد ه درروش بی هوازی منبع مفیدی برای تامین انرژی است و معمولاً برای گرم کردن ساختمان ها وبا گرمایش جـریان ورودی فـاضلاب به راکتور استفاده می شود .

ه- لجن تثبیت شده

لجن تولید شد ه درسیستم بی هوازی می تواند به مدت یک سال یا حتی بیشتر بدون آنکه درآن تخریب حائز اهمیتی ایجاد شود (لجن متعفن شود) ، حفظ شده و دوباره مورد استفاده قرار گیرد درحالی که درفرآیند های هوازی با قطع شدن هوا باکتـری هـای بی هوازی شروع به رشد کرده وباعث تخریب لجن می گردند (لجن متعفن میشود).[۱۵]

۲-۴-۱- معایب فرآیندهای تصفیه بی هوازی درمقایسه بافرآیندتصفیه هوازی

الف - زمان راه اندازی اولیه طولانی

مدت راه اندازی سیستم‌تصفیه بی هوازی معمولاً ۸الی ۱۲ هفته می باشد درحالی که راه اندازی سیستم های هوازی۲الی ۳ هفته طول می کشد که این بخاطر رشد نسبتاً کند باکتری های متان زا درفرایند های بی هوازی می باشد .

ب -استفاده از سیستم‌بی هوازی به عنوان پیش تصفیه

از سیستم های بی هوازی معمولاً به عنو ان پیش تصفیه استفـاده می شود . چـرا که راندمان تصفیه سیستم های بی هوازی پائین است (درحدود ۸۰ درصد) بنابراین COD فاضلاب خروجی نمی تواند زیاد پائین باشد بنابراین جهت تثبیت بیشتر فاضلاب باید به دنبال سیستم های بی هوازی از سیستم های هوازی استفاده کرد.

ج-تأ ثیر درجه حرارت

درجه حرارت عامل تأثیر گذاری بر روی پروسه های هوازی وبی هوازی می باشد.اما پروسه های بی هوازی در مقایسه با پروسه های هوازی به دلیل داشتن راندمان با لا احتیاج به درجه حرارت بالاتری دارند. اطلاعات موجود نشان می دهد که هر $10^{\circ}C$ افت درجه

حرارت، سرعت واکنش های هوازی وبی هوازی را به نصف کاهش می دهد.

برای جبران کاهش راندمان می توان از گاز متان تولید شده برای گرم کردن خوراک استفاده کرد اما از آنجا که فاضلاب های رقیق نمی توانند به اندازه کافی گاز متان برای گرم کردن فاضلاب ورودی تولید کنند. درنتیجه بدلیل پایین بودن درجه حرارت، راندمان تصفیه درسیستم های بی هوازی افت خواهد کرد.

د- تجربه اندک

از آنجا که کاربرد سیستم های بی هوازی جهت تصفیه مستقیم فاضلاب صنعتی طی سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، درمقایسه با سیستم های هوازی تجربه محدودی در راه اندازی و راهبری این سیستم ها وجود دارد.

ه- تاثیر نامناسب شوکها بر روی آن

تغییرات درشرایط محیطی از قبیل تغییر ناگهانی دما ، pH، وجود موادسمی درفاضلاب ورود ناگهانی آن به سیستم بی هوازی تاثیر منفی بر فرآیند خواهد داشت و درمواردی به طور کلی سبب مرگ باکتری‌ها شده و از کار افتادن سیستم را به دنبال دارد. که درمقایسه با فرآیند هوازی تاثیر موارد فوق درفرآیند بی هوازی بیشتر است.[۱۵]

فصل دوم

مکانیسم تصفیه بی هوازی فاضلاب

۱-۲- شرح فرآیند

سیستم های هضم بی هوازی از قدیمی‌ترین فرآیند هایی هستند که برا ی تصفیه برخی از فاضلاب های صنعتی و هم چنین برای تثبیت لجـــن مـــورد استفاده قـــرار می گرفته است .همچنین اخیراً شواهدی مبنی بر اینکه فاضلابهای رقیق نیز می توانند بصـــورت بی هوازی تصفیه شوند بدست آمده است. در فرآیند هضم بی هوازی مخلوط موادآلی و میکرو ارگانیسم ها تحت شرایط بی هوازی تبدیل به گاز متان و دی اکسید کربن می شوند.

این نوع فرآیند ها در یک تانک سربسته انجام می شوند که خوراک می تواند بصورت پیوسته و یا مقطعی واردشود و برای مدت زمانهای مختلف در تانک باقی بماند که در طی این عمل مواد آلی و پاتوژنها در آن حذف و یا کاسته می شوند و دیگر فساد پذیر نیستند.

۲-۲-عمل سنتز

میکـــروارگانیسم ها انرژی حاصـــل از تجـــزیه مواد آلی را جهت فعالیت و تکثیر (عمل سنتز) مورد استفاده قرارمی دهند .

باکتری+ موادآلی + انرژی ← رشد سلول جدید

← تحرک و تنفس

← تلفات حرارتی

مقدار انرژی حاصل از یک مقدار معین آلی بستگی به منبع اکسیژن مورد استفاده در متـــابـــولیسم دارد . حداکثر انـــرژی‌زمانی به دست می آید که از اکسیژن محلول برای اکسیداسیون استفاده می شود و حداقل انرژی در متابولیسم بی هوازی حاصل می شود.

از آنجاییکه برای سنتز یک واحد جرم سلولی به طریق هوازی یابی هوازی مقدار انرژی یکسانی مـــورد نیـــاز می‌باشـــد و همچنین مقداریکسانی ازکربن ،هیدروژن، نیتروژن ، اکسیژن، فسفر ، سولفور ،آهن و فلزات کمیاب برای ساخت جرم سلولی به کارمی رود ، بنابراین میکروارگانیسم های هوازی که انرژی زیادی از طـــریق اکسیداسیـــون‌به دست

می آورند دارای‌رشدی سریع بوده و در نتیجه قسمت اعظمی از مواد آلی فاضلاب به سلول های جدید تبدیل می شوند.

۳-۲-میکروبیولوژی فرآیند

بنظر می‌رسد تجزیه مواد آلی در فرآیند تصفیه بی هوازی در سه مرحله انجام می شود: اولین مرحله مربوط به تجزیه مواد آلی سنگین در هاضم های بی هوازی به ترکیبات مناسب به عنوان منبع انرژی می باشد که به این مرحله هیدرولیز می گویند . دومین مرحله مربوط به تجزیه ترکیبات مرحله اول توسط باکتری ها می باشد که در این مرحله ،ترکیبات حاصل از مراحل اول به ترکیبات واسطه ائی با جرم مولکولی کمتر تبدیل می شوند و به این مرحله اسید زایی می گویند.

وسومین مرحله در ارتباط با تبدیل باکتریایی ترکیبات واسطه ایی به محصولات نهایی ساده تر که به طور عمده متان و دی اکسید کربن می باشند است ، که به این مرحله مرحله متان زایی‌می گویند.

در یک فرآیند بی هوازی مجموعه ای از باکتری های بی هوازی وظیفه تثبیت فاضلاب و لجن را به عهده دارند یک گروه ازمیکروارگانیسم ها مسئولیت هیدرولیز پلیمر های آلی و چربی ها را به عهده دارند.دومین گروه باکتری های بی هوازی، تولیدات شکسته شده را تخمیر کرده، به اسید های آلی ساده تبدیل می کنند که متداول ترین این اسید ها ،اسید استیک می‌باشد.به‌این‌گروه‌که از باکتری های بی هوازی اختیاری و اجباری هستند،باکتری های اسید زا می‌گویند . سومین گروه از باکتری ها ،هیدروژن و اسید استیک حاصل از گروه اسید زا را به متان و دی اکسید کربن تبدیل می کنند .این گروه را باکتری های متان زا می نامند که باکتری های کاملا بی هوازی هستند.

باکتری های گروه متان زابه دلیل‌این که سرعت رشد بسیار کمی دارند کل فرآیند بی هوازی را متأ ثر ساخته و به عنوان یک عامل محدود کننده درسرعت کل فرآیند عمل

می کنند ،به همین دلیل از اهمیت ویژه ای بر خـوردار هستند . برای ابقای یک سیستم بی هوازی با راندمان خوب ، باکتری های متان زا و غیر متان زا باید در حالت تعادل دینامیکی باشند وبرای برقراری چنین حالتی ،فاضلاب داخل راکتور باید فاقد اکسیژن محلول بوده و ترکیباتی مانند فلزات سنگین و سولفیدها که مانع رشد هستند وجود نداشته باشد.

۴-۲- مراحل مختلف تجزیه بیولوژیکی به روش بی هوازی

یک سیستم سه مرحله ای برای تبدیل مولکول های سنگین به گاز متان و دی اکسید کربن پیشنهاد شده است ، که شامل موارد ذیل می باشد:

- هیدرولیز پروتئین ،لیپیدها ، کربوهیدراتها ،قند و آمینو اسید ها
- اکسیداسیون بی هوازی اسیدهای چرب با زنجیر طولانی ،الکل ها و اسید های چرب فرار
- تبدیل استات هیدروژن به متان

۱-۴-۲- هیدرولیز

به دلیل اینکه باکتری ها فقط می توانند مواد آلی محلول را گرفته و مصرف کنند ، جذب میکروبی بیو پلیمرها در قدم اول نیازمند شکسته شدن و یا هیدرولیز می باشند . این فرآیند توسط آنزیم های خارج سلولی صورت می گیرد و همچنین ذرات بزرگتر که نسبت سطح به حجم آنها کوچک می باشد در مقایسه با ذرات کوچکتر با سرعت کمتری هیدرولیز می شوند پس‌با اطمینان می توان گفت مواد نشاسته ای پروتئین ها و سلولز با سرعت های متفاوتی تجزیه می گردند. متان و CO_2 در نتیجه تجزیه ترکیبات محلول تولید می شوند . بنابراین سرعت کـاهش خـالص ذرات و سرعت تجمع ترکیبات محـلول می تواند برای تخمین سرعت تولید گاز استفاده شود.

سیستم هایی که حاوی کربوهیدرات (بیشتر از ۱۰٪ کل محلول) باشند مانند قند و

نشـــاسته ، به‌راحتی هیدرولیز شده و به سرعت اسیدی می شوند . تبدیل سوبستره (مواد آلی فاضلاب) در چنین سیستمی به تشکیل گاز متان منجر خواهد شد و یک شوک ناگهـــانی در میزان بار دهی می تواند منجر به افزایش در تولید اسید شود که‌در نهـــایت نمی تواند با افزایش مشابه در متان زایی جبران شود . تولید اسیدهای واسطه سبب کاهش در pH می شوند و در نتیجه باعث باز دارندگی بیشتر در تولید متان خواهند شد.

۲-۴-۲-تخمیـــر

باکتری‌های مخمر ، مواد محلول تولید شده در مرحله هیدرولیز را جذب و پس از متابولیسم ،آنها را بصورت ترکیبات ساده آلی و معدنی دفع می کنند . به این فرآیند که در آن اسیدهای آلی ،الکل و مقدار کمی ترکیبات معدنی تولیـــد می شود در اصطلاح مرحله اسید ساز می گویند .

باکتری‌های بی هوازی‌می توانند قسمت اصلی انـــرژی‌خـــود را از واکنش های اکسیداسیون و احیاء که در آن الکترون ها از دهنده الکترون (ماده آلی واسطه و حاصل از شکستن قند) به پذیرنده الکترون (ماده آلی دیگر) در فرآیند تخمیـــــر انتقـــال می یابد ،به د ست آورند . عموماً قند ها متداول ترین سوبستره برای تخمیر های بی هوازی هستند اما برخی بی هوازی ها می توانند اسیدهای چرب ، آمینواسیدها ، پورین و یا پریمیدن ها را تا حد متوسط تخمیر کنند .

۳-۴-۲- تولید گاز متان

در مرحله متان سازی ،استات به متان تبدیل می شود، این عمل توسط دو گونه از باکتری های متان ساز انجام می شود که بی هوازی اجباری هستند. و یک گروه متان را از استات و گروه دیگر متان را از هیدروژن تولید می کنند.

منشاء حدود ۷۰٪ از متان تولید شده در یک سیستم بی هـــوازی استـات می باشد .

شکسته شدن اسید استیک به متان توسط متان سازها از لحاظ کنیتیکی آنالیز شده و سه فاز ذیل تشخیص داده شده است :

- با افزایش و تجمع استات سرعت متان سازی افزایش می یابد .
- وجود یک ضریب تقریباً ثابت در سرعت تولید متان
- افت سریع متان به همراه افت استات

فصل سوم
روش های متداول تصفیه
بی هوازی پسابهای صنعتی

تصفیه بی هوازی فاضلاب برای سالها به شکل و روش های گوناگون انجام گرفته است. سیستم های بار گذاری بالا، امروزه در دما های مزوفیلیک و ترموفیلیک بکار برده می شوند و اغلب زمان های مانند هیدرولیکی آنها کمتر از ۲۰ ساعت است . مانند روشهای هوازی . چندین نوع راکتور بی هوازی در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب استفاده می شوند.

۱-۳- فرآیند هضم سنتی

قدیمی ترین و ساده ترین هاضم بی هوازی فرآیند تصفیه بی هوازی سنتی می باشد که از یک راکتور گرم شونده که شامل فاضلاب و مواد بیولوژیکی (باکتریها) است تشکیل شده است. همچنانکه در شکل (۱-۳) نشان داده شده فاضلاب غلیظ (معمولاً لجن فاضلاب) بصورت پیوسته یا تناوبی وارد راکتور شده و با محتویات راکتور کاملاًمخلوط می شود این راکتور از نظر تئوری یک راکتور کاملاً مخلوط شونده با جریان یکبار گذر می باشد بنابراین تحت این شرایط عملیاتی خاص زمان توقف هیدرولیکی (HRT) با زمان توقف جامدات (SRT) برابر می باشد.

HRT: Hydraulic retention time

SRT: Solids retention time

SRT زمان متوسطی‌که جامدات در داخل راکتور باقی می مانند را نشان می دهد و از نظر ریاضی بصورت زیر بیان می شود:

SRT = Mt / ME

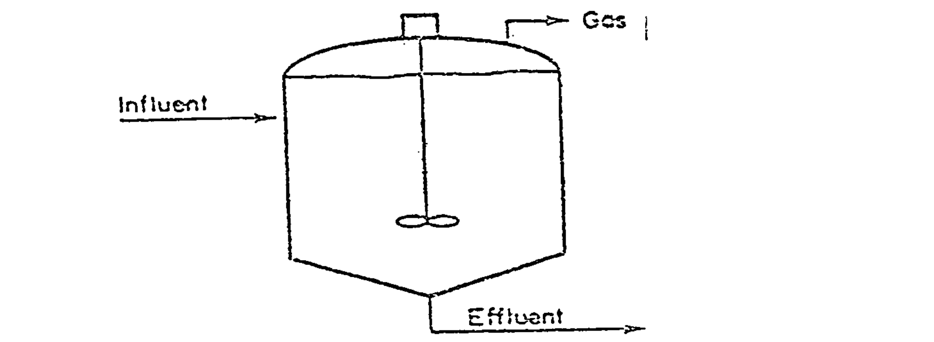
M_t :وزن کل جامدات بیولوژیکی داخل راکتور

M_E: وزن کل جامدات بیولوژیکی است که راکتور را ترک می کنند.

SRT به طور عکس با سرعت ویژه خالص میکرو ارگانیسم های داخل راکتور متناسب است و اساساً کارایی فرایند به SRT بستگی دارد.به این معنی که هر قدر زمان

طولانی تری برای تعیین SRT لازم باشد زمان طولانی تری نیز برای تثبیت فاضلاب توسط میکروارگانیسم ها مورد نیاز می باشد. چـــون در این راکتور HRT بـرابـر SRT می باشد با کاهش HRT مقدار SRT نیز کاهش می یابد و HRT حدی ، زمانی به دست می آید که باکتری ها با سرعتی بیش از سرعت رشد شان از درون راکتور خارج شوند.

قبلاً ذکر شد که باکتری هـــای متان زا دارای رشد آهستـــه ای هستند . بنابراین این باکتری ها احتیاج به مقادیر SRT زیاد (یعنی در این نوع راکتور HRT زیاد) دارند با مقادیر حدی ۳تا ۵ روز در ۳۵ ° C که برای کنترل خوب و تصفیه مورد اطمینان زمان توقف معمولاً در محدوده ۱۰ الی ۳۰ روز در ۳۵ ° C می باشد ، به این دلیل فرایند بی هوازی سنتی از نظر اقتصادی برای تصفیه فاضلاب‌ها ، خصوصاً فاضلاب ها یی با BOD کمتر از 1000 mg/l عملی نمی باشد ، زیرا احتیاج به راکتور با حجم بزرگی دارد بنابراین کار برد این فرایند به فاضلاب های آلی غلیظ همچون لجن فاضلاب (Sewage Sludge) و فاضلاب هایی که اغلب حاوی مقادیر زیادی از جامدات معلق باشند محدود می شود.



شکل (۱-۳) فرایند هضم سنتی

۲-۳- فرآیند بی هوازی تماسی

بیشتر منبع تولید متان در سیستم های بی هوازی اسید استیک می باشد و باکتری های متان زایی که این تبدیل را انجام می دهند رشد کمتری دارند ولی خوشبختانه آنها به راحتی به یکدیگر و به سطـــوح یا باکتریهـــای دیگر می چسبند. و این ویژگی باعث توسعه راکتور های پیشرفته امروزی شده است.

مهمترین پیشرفت در فرآیند های بی هوازی مربوط به تفکیک SRT از HRT بود، که با این تفکیک راکتور های با حجم کمتر و در نتیجه با بار بیشتر می توانستند برای تصفیه بکار برده شوند. یعنی فضلاب های صنعتی در HRT های پایین می توانستند تصفیه شوند در حالیکه SRT لازم برای باکتری های متان زا نیز تامین می شد.

اولین پیشرفت در فرآیند بی هوازی که SRT را از HRT جدا می کرد فرآیند بی هوازی تماسی بود که به عنوان فرآیند لجن فعال بی هوازی نیز شناخته شده است. این فرآیند از یک راکتور و یک منبع ته نشینی که از نظر شکل و عملکرد شبیه فرآیند لجن فعال می باشد تشکیل شده است. بیشتر کارهای اولیه در مورد این فرآیند مربوط به Schroepfer و همکارانش در سال ۱۹۵۰ می باشد.

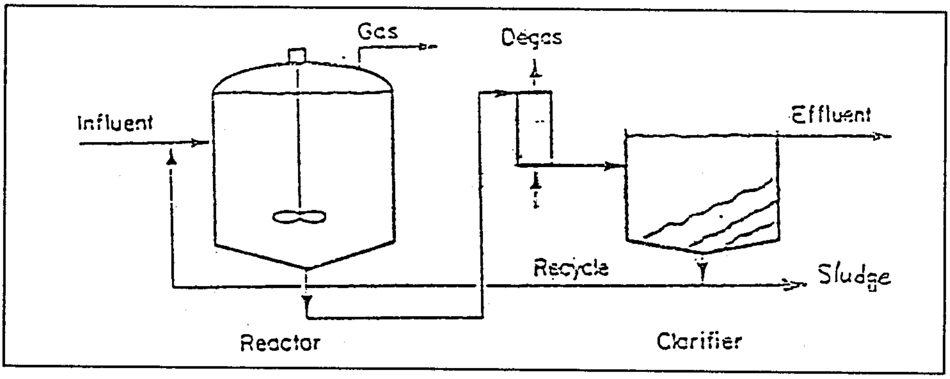
در این فرآیند مطابق شکل (۲ -۳)فاضلاب به راکتوری که محتوی غلظت زیاد مواد جامد بیولوژیکی است خوراک دهی می شود، شبیه فرایند لجن فعال غلظت زیاد جامدات در راکتور با استفاده از مخزن ته نشینی و برگشت دادن لجن از آن به راکتور تامین می شود. SRT توسط جامدات خروجی از منبع ته نشینی کنترل می شود بدین معنی که HRT می تواند تا جاییکه یک SRT ،کافی باقی بماند کاهش داده می شود. با این روش ممکن است زمان ماند هیدرولیکی از ۲۰ روز یا بیشتر در فرآیند سنتی به کمتر از یک روز کاهش یابد.

دو اختلاف اساسی بین فرآیند بی هوازی تماسی و فرآیند لجن فعال وجود دارد اول اینکه این سیستم بی هوازی است بنابراین احتیاجی به انرژی جهت هوادهی ندارد و صرفاً برای اختلاط مقدار کمی انرژی لازم دارد و دوم اینکه لجن اشباع شده از متان و دی اکسید کربن در حال تعادل با گازی است که حدوداً دارای ۵۵٪ متان و ۴۵٪ دی اکسید کربن است زمانی که این لجن با اتمسفر بالای کلاریفایر تماس پیدا می کند یک حالت فوق اشباع وجود دارد و این گاز با گازی که از حالت فوق اشباع آزاد می شود تلفیق می گردد و موجب ایجاد تکه های لجن شناور و نیز جریان آشفته در کلاریفایر می شود، این عمل باعث کاهش خاصیت رسوب پذیری جامدات می گردد. برای

رفع این نقص‌جریانی که از تخمیر کننده به طرف کلاریفایر حـــرکت می کند از میان یک گاز زدا عبور می کند این عمل باعث می شود که گاز های حل شده از لجن خارج شود . گاز زدایی با خلاء در اغلب فرآیند های تماسی بی هوازی به کار رفته است با وجود این کارهای تحقیقاتی در زلاند نو نشان داد که گاز زدایی توسط هوا خیلی موثر تر می تواند عمل نماید اول اینکه غلظت گازهای حل شده در اثر تماس با هوا کاهش می یابد و دوم اینکه مقدار اندک اکسیژن که توسط مایع جذب می گردد، BOD را به اندازه ای کافی بالا می برد که از رشد و عمل باکتری های متان زا جلوگیری‌به عمل آید . انتخاب سرعت های مناسب هوادهی از فعالیت باکتری های متان زا به مدت حدود یک تا دو ساعت جلو گیری بعمل می آورد و زمانی که این باکتری های تخمیر کننده بازگشت داده می شوند مسئله تاثیر منفی اکسیژن بر روی فعالیت آنها منتفی می گردد.

کارایی این راکتور به میزان رسوب پذیری میکروارگانیسم ها و جامدات معلق و نیز میزان اختلاط فاضلاب و لجن بستگی دارد .اگر چـــه اختلاط خوب مورد نیاز است اما نباید طوری باشد که سبب تاثیر نامطلوب بر روی مشخصات رسوب پذیری شود. مطالعات آزمایشگاهی و پایلـــوت کاربرد مـــوفقیت آمیز این فرآیند در مورد تصفیه فاضلاب های کشتارگاهی و مواد مرکباتی را نشان می دهد.

علیرغم اقتصادی بودن این فرآیند نسبت در مقایسه با به فرآیند لجن فعال مشکلات گاز زدایی و رسوب پذیری در کلاریفایر مانع از استفاده گسترده تر از این سیستم شده است. این فرآیند برای‌فاضلاب‌هـــــای غلیظ از مزیت خـــوبی برخـــــوردار است ،زیرا زمان هیدرولیکی بالا باعث می شود که میکرو ارگانیسم های غیر ضروری نیز ته نشین شوند.



شکل (۲-۳) فرایند بی هوازی تماسی

۳-۳- فرآیند فیلتر بی هوازی با جریان بالا رو

مفهوم ایجاد رشد میکروبی بر روی حامل ها یا مواد آکنه در حوزه تصفیه فاضلاب مطلب جدیدی نمی باشد حتی قبل از اینکه این روش در مورد فرآیند های بی هوازی بکار گرفته شود در فیلتر های چکنده هوازی از این اصل استفاده می‌شده است .

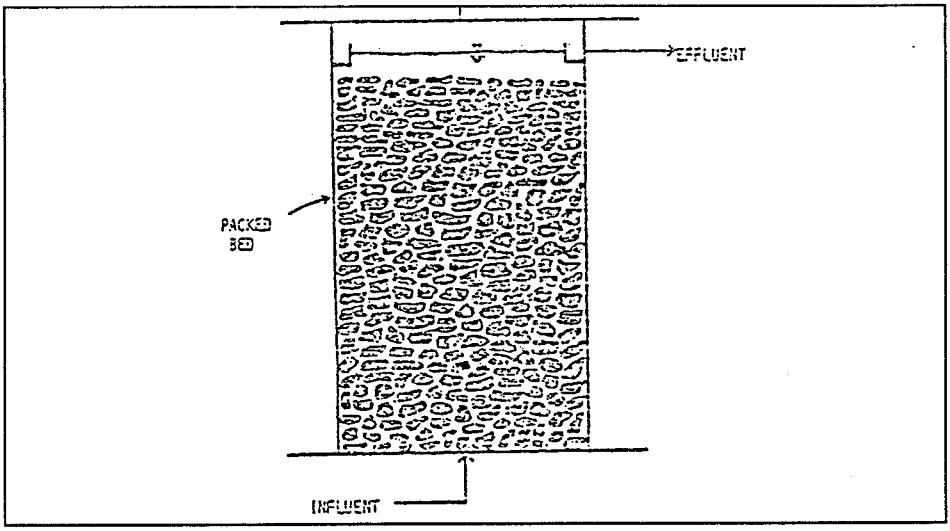
در سال ۱۹۶۸ MCCARTY ، YOUNG اولین کسانی بودند که احتیاج به یک فرآیند تصفیه بی هوازی ایده آل که قادر به‌نگه داشتن SRT بالا و مستقلی از جریان فاضلاب باشد را مورد توجه قرار دادند که در نهایت به توسعه فیلتر بی هوازی بالارو منتهی شد.

این سیستم مطابق شکل (۳-۳) از یک راکتور با جریان بالایی که شامل محیط سنگی یا پلاستیکی می باشد ، تشکیل شده است که مواد جامد بیولوژیکی بر روی این واسطه ها ویا در فضای خالی آنها به دام می افتند و این باعث می شودکه ذرات میکروبی بتوانند آزادانه همراه سیال خروجی خارج شوند در ضمن محیط آکنه فیلتر در عین حال که حاوی ذرات جامد بیولوژیکی است همچنین مکانیسمی برای جدا سازی جامدات و گاز تولید شده‌به وجود آورد.

این فیلتر از آنجاکه غلظت بیشتری از مواد جامد را به دام انداخته و نگه می دارد پیشرفت قابل توجهی را در تصفیه بی هوازی فاضلاب ارائه نموده است. با نگه داشتن جامدات بیولوژیکی SRT بالا تامین می شود و در نتیجه این فرآیند برای تصفیه بی هوازی فاضلاب

های رقیق از نظر اقتصادی مناسب می گردد. اولین کاربرد این راکتور دراندازه صنعتی در سال ۱۹۷۲ برای تصفیه نشاسته گندم بوده است .

در سال ۱۹۷۶ ، DEWALL، CHINA نشان دادند که با برگشت دادن نسبت زیاد جریان خروجی و ایجاد جریان کاملاً مخلوط شونده بجای plug می توان از این فیلتر برای تصفیه فاضلاب های غلیظ با pH اسیدی استفاده کرد (بدون استفاده از محلولهای بافر گران قیمت) چرا که بازگشت دادن جریان خروجی که تا اندازه ای قلیایی می باشد باعث افـــزایش pH می گردد٠ سیستم به طـــور خـــاص برای فـــاضلاب‌های رقیق محلول یا فاضلاب‌هایی که می توان با برگشت دادن جریان خروجی آن را رقیـــق نمـــود مناسب می باشد و جامدات معلقی که به سختی هضم‌می شوند و به راحتی ته نشین می شوند مانع کارایی این راکتور می شود . عیب اصلی این سیستم مربوط به تجمع جامدات۱ درآکنه می باشد و نیز در راکتورهای بزرگ یک سیستم توزیع ناکافی سبب کاتالیزه شدن و جریان های کوتاه خواهد شد . با وجود تحقیقات زیاد انجام شده درمورد این سیستم و مزایای بهتر آن برای خیلی از فاضلابها ،تعداد نسبتاً کمـــی ار این سیستم دراشل هـــای صنعتی و تجاری ساخته شده است٠



شکل (۳-۳) فرایند فیلتر بی هوازی جریان بالارو

۴-۳- راکتور با بستر ثابت جریان پایین

دراین راکتور برای حل مشکـــل پر شدن فضای داخلی آکنه جهت جریان از بالا به پایین انتخاب می شود بدین ترتیب مواد معلق حاصل شده از رشد باکتری ها همراه با جریان خروجی از راکتور خارج می شود و تشکیل جامدات معلق غیر قابل هضم را می دهند . در ضمن احتیاجی به بقیه یک سیستم توزیع مفصل نمی باشد چرا که فاضلابی که از قسمت فوقانی راکتور وارد می شود به سرعت توسط گازی که از آکنه عبور می نماید پخش می شود.

نکتـــه مهم دراین راکتور تشکیل و تثبیت لایه بیـــو مـــاس فعال بر روی سطوح آکنه می باشد . برای جلو گیری از تجمع مواد معلق غیر فعال طراحی و ساخت آکنه ها بایستی به نحو صحیحی صورت گیرد . راکتور فوق‌به دلیل آرایش خاص خود و ورود فاضلاب از قسمت بالای راکتور توانایی تصفیه انواع متنوعی از فاضلابها را دارا می باشد .

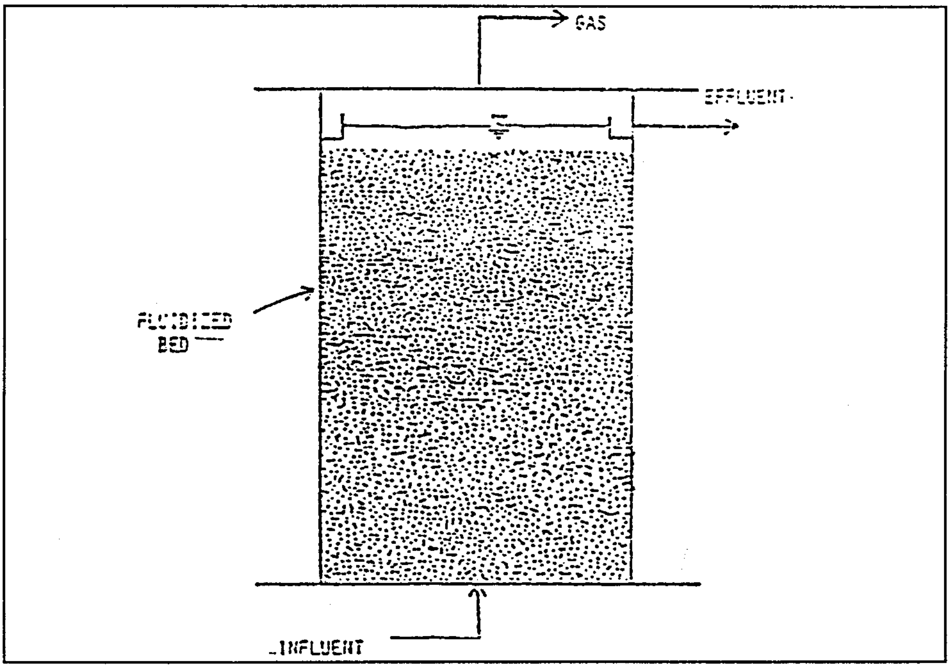
بار ورودی راکتور بوسیله مقدار بیوماس فعالی که می تواند در داخل راکتور باقی بماند کنترل می شود. این نوع راکتور برای تصفیه جریان های فاضلاب بسیار رقیق مناسب نیست (جریانهایی که COD آنها کمتر از 2000 mg/l باشند) . برای به دست آوردن یک بار ورودی معقول و بیشتر در مورد فاضلاب ها ی رقیق زمان اقامت هیدرولیکی‌به اجبار باید کوتاه باشد که این کوتاهی زمان از COD کم حاصـــل می شـود از آنجاکه کانال ها دارای ابعاد مینیمم هستند، احتمال تماس بین مواد آلی فاضلاب و لایه، در اثر کم شدن زمان اقامت هیدرولیکی فاضلاب در راکتور کاهش می یابد. این راکتور به جهت حل مشکل جریان لوله ای توسعه یافت .

۵-۳- فرآیند بستر گسترش یافته و بستر سیال شده

این سیستم از یک راکتور جریان بالایی با بستر گسترش یافته تشکیل شده است که ذرات بستر نقش حامل برای رشد مقدار زیاد میکروارگانیسم های چسبنده را دارند. هدف اصلی این فرآیند ایجاد سطح بسیار بزرگ با حامل نسبتاً کوچک در نتیجه پایداری بیشتر فاضلاب می باشد .

ذرات حامل می توانند سنگ های بسیار ریز یا آلومین باشند که بر اساس سرعت جریان مایع درنتیجه انبساط بستر راکتور، بستر سیال شده (۱۰-۲۵٪انبساط) یا بستر گسترش یافته(انبساط کم) نامیده می شوند . کارایی بهتر این راکتور به میزان زیادی بستگی به یکنواختی توزیع مایع دارد. فاضلابی برای این راکتور مناسب است که محلول بوده یا حاوی حداقل مواد غیر محلول که براحتی قابل تجزیه باشند ،باشد. لازمه سرعت بالای جریان برای گسترش بستر برگشت دادن جریان خروجی در حجم زیاد می باشد و این بدان معنی است که فاضلاب های غلیظ برای این راکتور ها مناسب نمی باشند . این راکتور می تواند برای تصفیه بی هوازی فاضلاب انسانی دریک سرعت باردهی نسبتاً بالا و حذف COD بالا بکار رود .

عیب اصلی این سیستم احتیاج آن جریان به یک جریان رو به بالای زیاد مایع که به طور یکسان توزیع شده باشد، می باشد و نیز هزینه زیاد سرمایه گذاری سیستم توزیع جریان و پمپ ها است .



شکل (۴-۳) فرایند بستر گسترش یافته و سیال

۶ -۳- فرآیند بی هوازی جریان بالا رو با پوشش لجنی (UASB)

یکی از فرآیند های تازه و جالب UASB می باشد که در اواخر سال ۱۹۷۰ درهلند توسعه یافت. اساساً طراحی این راکتـــور در جهت رفع مشکلات اساسی درفیلتــر های بی هوازی بود ، کلید این طراحی عبارت بود از کشف این نکته که لجن بی هوازی به شرط آنکه شرایط فیزیکی و شیمیایی برای لخته سازی آن مهیا باشد به خـــودی خـــود دارای خواص لخته شدن و ته نشینی برتر می باشد و وقتی این شرایط برقرار باشدمی توان به یک زمان ماند طولانی در بار زیاد رسید بنابراین کارایی راکتور بستگی به تشکیل چنین لجن فعال رسوب پذیری دارد. راکتور UASB از سه ناحیه مجزا تشکیل شده است:

- ناحیه بستر لجن
- ناحیه پوشش لجنی
- ناحیه ته نشین سازی و جداسازی

فاضلاب به طور یکنواخت در سطح مقطع راکتور توزیع شده و ابتدا از ناحیه بستر لجن که از یک لجن متراکم با رسوب دهی بالا تشکیل شده عبور می کند. غلظت جامدات در این قسمت معمولاً بیش از ۱۰۰-۱۵۰g/l می باشد ، این غلظت زیاد جامدات دربستر اساساً به واسطه رشد یک لجن بسیار توسعه یافته گرانولی شکل که از موجودات ذره بینی فعال یا باکتری ها تشکیل شده ، می باشد ،گاز تولیدی توسط باکتری ها اساسی ترین نقش را در اخلاط بستر ایفا نموده ودر نهایت سبب حذف نواحی مرده میشود.

هر نوع اختلاط مکانیکی درقسمت بستر لجن باید مینیمم باشد (به استثنای زمان راه اندازی) ، زیرا بعضی ذرات گرانول شکل لجن ممکن است از هم بپاشند ، دراین ناحیه ۸۰الی ۹۰ درصد از مقدار کل تجزیه درراکتور صورت می پذیرد درحالیکه حجم این ناحیه حدود ۳۰ درصد حجم کل می باشد.

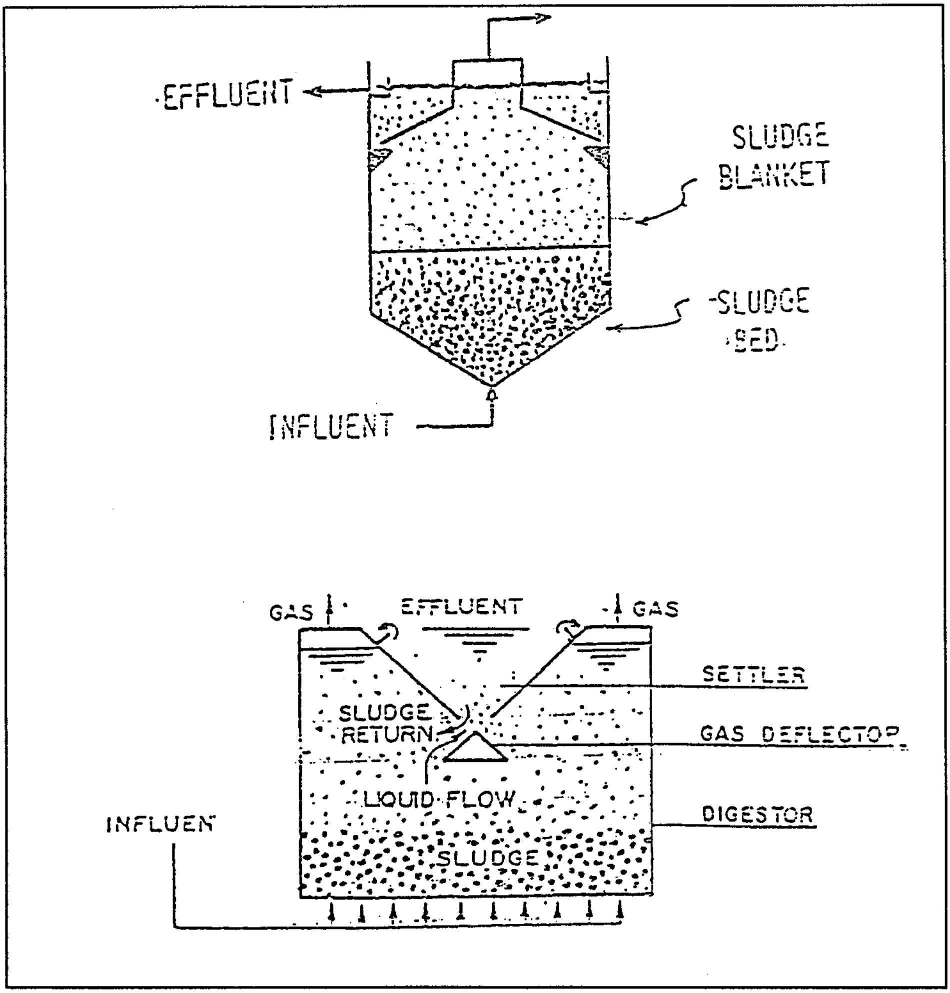
قسمت بعدی درمقابل عبور فاضلاب، ناحیه پوشش لجنی می باشد که حدود ۷۰ درصد حجم کل راکتور را اشغال می کند و غلظت کمی از ذرات را درمقایسه با بستر لجنی دارامی باشد. این قسمت بطور ایده آل کاملاً مخلوط شده‌در نظر گرفته می شود که از لجن لخته شده تشکیل گردیده است .

حباب های گـــاز آزاد که ابتدا درقسمت بستر لجن تولید شده اند سبب اختلاط شده وبه خاطر این که زمان توقف مایع درمقایسه با گـــاز (یعنی زمـــانی کـــه لازم است تا حباب های گاز به بالای راکتور برسند)، خیلی طولانی است عمل اخلاط به خوبی انجام می گیرد. همانطور که حباب های گاز از خلال نواحی بستر لجن و پوشش لجن عبـــور می کنند موجودات ذره بینی به یکدیگر متصل گردیده و همراه گاز منتقل می گردند، بنابراین برای ایجاد SRT زیاد باید این ذرات جامد صعود کننده را ازحباب های گاز جدا ساخته و داخل سیستم باز گرداند فرایند جداسازی به وسیله تلفیقی از یک وسیله ته نشین کننده جامد با جمع کننده گاز دربالای راکتور انجام می گیرد و جریان مایع خروجی از سرریز جریان می‌یابد.

طی سالهای اخیر تحقیقات زیادی روی راکتور UASB مقیاس های آزمایشگاهی ، پایلوت و صنعتی صورت گرفته است که نتایج این تحقیقات نشان می دهد که این راکتور برای دامنه وسیعی از فاضلاب‌ها قابل کاربرد است.

محـــدودیت این سیستم مربوط به شکل توسعه لجن گرانولی است. دربعضی فاضلاب ها از قبیل فاضلاب کشتارگاهها لجن گرانولی‌به سرعت توسعه می یابد

و در بعضی موارد از قبیل فاضلاب صنایع لبنی لجن گرانولی به آهستگی توسعه می یابد و در مواردی نیز اساسا شرایط توسعه لجن گرانولی فراهم نمی گردد .



شکل (۵-۳)الف و ب فرایند بی هوازی جریان بالارو با پوشش لجنی

۱-۶-۳- کارایی راکتور UASB

تاکنون بیش از ۲۰۰ واحد بزرگ از راکتور UASB برای تصفیه فاضلاب های مختلف با عملکرد رضایت بخش راه اندازی شده اند که در جدول ۱ و ۲ ضمیمه الف نمایش داده شده است. ماکزیمم بار آلی و هیدرو لیکی دراین راکتور ها در ابتدا با فاکتور های زیر دیکته می شود .

- لجن باقیمانده و ماکزیمم فعالیت آن ، که ماکزیمم فعالیت به مشخصات فاضلاب و درجه حرارتی که راکتور درآن عمل می نماید بستگی دارد .

- میزان تصفیه مورد نظر

آزمایشات درپایلوت های بزرگ راکتور UASB (حجم بیش از ۳۰m^3) و پایلوت های‌کوچک در مقیاس آزمایشگاهی نشان داده شده است که دردمای ۳۰ c برای فاضلاب های محلول دراین راکتور تا حدود بارهای ۶۰ -۴۰ $kgCOD/m_3$ .day می توان به تصفیه رضایت بخشی دست یافت و حتی تحت شرایط بار می تواند تا ۱۶۲ $kgCOD/m_3$ .day نیز افزایش یابد .

با وجود پتانسیل بالای سرعت های بار دهی که می تواند درراکتور UASB مورد استفاده قرار گیرد ، طراحی عملی درحال حاضر شامل ضریب اطمینان بسیاربالایی می‌باشد بطوریکه اغلب راکتورهای UASB نصب شده در بارهای 5-18day. $kgCOD/m_3$ طراحی شده اند و به علاوه در بعضی حالات حتی یک راکتور اسید زا با تانک متعادل کننده قبل از راکتور UASBنصب شده است علیرغم آنکه نتایج آزمایشگاهی و پایلوت به وضوح احتیاج به جدایی فازها ارائه نمی دهند .

دلایل اصلی برای این روش محافظه کارانه طراحی عبارتند از :

- نبود تجربه درمورد واحدهای بزرگی که در بارهای زیاد عمل می کنند.

- پایداری بیشتر یک سیستم کم بار تحت شرایط حاد

- توسعه احتمالی آینده درصنعت مربوطه

با این توصیف پیش بینی می شود که در طی سال های آینده اطلاعات بیشتری درمورد راکتور های UASBبزرگ دربارهای خیلی بالاتربه دست آید. تاکنون یک راکتور UASB با ظرفیت ۵۵۰۰ m_3 برای تصفیه فاضلاب نشاسته سیب زمینی به عنوان بالاترین باردهی طراحی شده می باشد، یعنی تقریباً.day ۱۷ kgCOD/m درc ۳۵° -۳۰ علیرغم مشخصات خیلی مختلف فاضلاب نشاسته سیب زمینی کارایی این واحد تا بار ۲۰ نیز

بسیار جالب بوده است . اگر چه ارتفاع بستر لجن گرانولی درراکتور تنها حدود۱/۲ متر بوده است.

۷-۳ انباره های تعفن (سپتیک تانک)

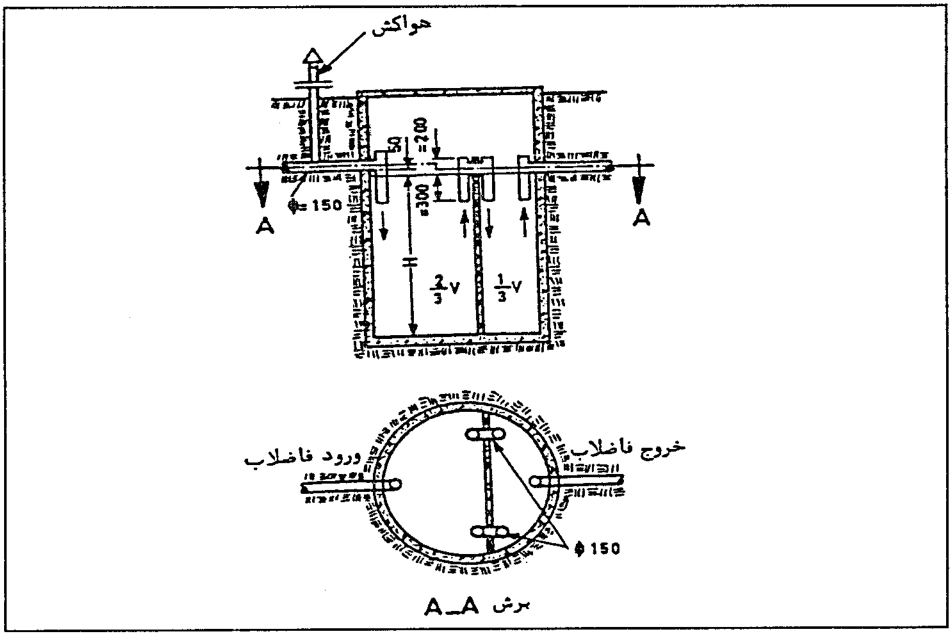
سپتیک تانک ساده ترین نوع تصفیه خانه ای تک واحدی است که تصفیه ی مکانیکی (ته نشینی) و تصفیه ی زیستی با کمک باکتری‌های بی هوازی همزمان درآن انجام می گیرد. سپتیک تانک مانند شکلهای شماره ی (۶-۳) و (۷-۳)از انبارهای سرپوشیده ای تشکیل شده اند. از انباره‌های سرپوشیده ای که معمولاً با بتن آرمه و در ابعاد کوچک آن با مواد پلاستیکی ساخته می شوند . فاضلاب پس از ورود به انباره و به علت کاهش سرعت جریان آن ، قسمتی از مواد معلق خود را به صورت ته نشینی از دست می دهد و از سوی دیگر انباره بیرون می رود .

درجه ی آلودگی فاضلابی که از انباره بیرون می رود تقریباً معادل درجه‌ی آلودگی فاضلاب بیرون آمده از استخر های ته نشینی نخستین می باشد. مواد ته نشین شده به صورت لجن در کف انباره به کمک باکتری های بی هوازی هضم می شوند به طوری که انباره حداکثر یک تا دو بار در سال نیاز به خالی کردن پیدا می کند .[۶]

سپتیک تانک برای تصفیه‌ی فاضلاب یک ساختمان و یا تجمعی از چند ساختمان مسکونی بکار می رود. طول انباره های مستطیل شکل را مانند شکل شماره (۷-۳) ۲ تا۴ برابر پهنای آن انتخاب می کنند . عمق موثر برای انباره یعنی H باید حداقل ۱/۲ متر باشد . درانباره های بزرگ عمق باید از نظر اقتصادی در حدود ۲تا۳ متر انتخاب گردد ، و به علاوه فاصله ی سطح فاضلاب با سقف انباره باید ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتر باشد.

برای بهتر زلال سازی فاضلاب معمولاً انباره ها را مانند شکل (۶-۳) از دو قسمت و مانند شکل (۷-۳) از سه قسمت می سازند . حجم قسمت اول را دوبرابرقسمت های بعدی انتخاب می کنند تا اینکه اولاً تا حدودی نوسان‌های‌فاضلاب را جبران نمایند و دوماً آنکه مواد جامد بیشتر ی درآن ته نشین گردد. جریان فاضلاب بین‌قسمت های مختلف

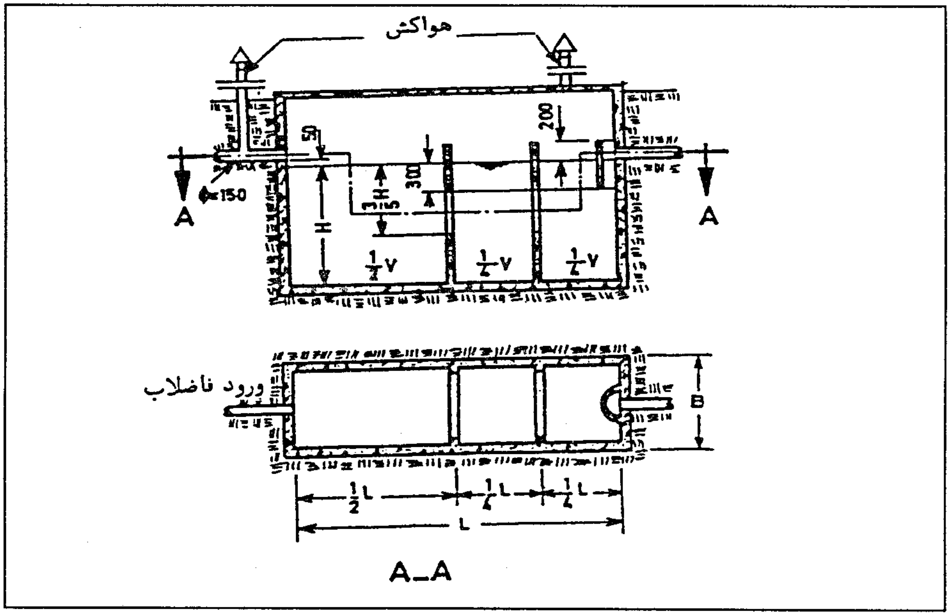
انباره مانند شکل (۶-۳) توسط لوله هایی به قطر ۱۵ سانتیمتر و یا مانند شکل (۷-۳) با کمک سوراخ های پیش بینی شده‌ای در دیوارهای جداکننده ی قسمت ها انجام می گیرد. درهر صورت ورود و خروج فاضلاب باید درعمق ۳۰ تا ۴۵ سانتیمتری درزیر سطح آن انجام گیرد تا مواد شناور از انباره ی فاضلاب بیرون نرود. برای بیرون فرستادن گازهای تولید شده از عمل باکتری های بی هوازی درسپتیک تانک لازم است لوله های تهویه ای در قطر ۱۰ سانتیمتر که تا سقف ساختمان مجاور امتداد می یابد پیش بینی شود.



شکل (۶-۳) شمای یک انباره‌ی تعفن دوخانه ای و دایره ای شکل

محاسبه ی انباره ی تعفن

در طرح سپتیک تانک کوشش می شود که با توجه به میانگین فاضلاب در شبانه روز ، مدت زمان توقف ۲۴ ساعت انتخاب گردد. در انباره هـــای بزرگ مـــدت زمان توقف می تواند تا ۴ ساعت کاهش یابد ، در آمریکا حجم سپتیک تانک را بصورت زیر حساب و تعیین می کنند:



شکل (۷-۳) شمای یک انباره‌ی تعفن مستطیل و سه خانه ای (ابعاد برحسب میلیمتر داده شده اند.)

الف- اگر دبی فاضلاب کم و تا حدود دو متر مکعب در شبانه روز باشد ، ظرفیت انباره را حداقل ۳ متر مکعب انتخاب می کنند.

ب- در صورتی که دبی فاضلاب بین ۲ تا ۶ متر مکعب در شبانه روز باشد ، حجم انباره را از رابطه شماره (۵-۱) محاسبه می کنند.

رابطه (۱-۳) $V=4.5+0.75\times Q[m^3]$

در رابطه ی (۱-۳) ، نمایشگر حجم انباره بر حسب متر مکعب ، دبی فاضلاب بر حسب متر مکعب در شبانه روز می باشد .

د- در صورتیکه دبی فاضلاب بیش از ۴۰۰ متر مکعب در شبانه روز باشد بهتر است از روش دیگری مانند انباره های دوطبقه ی فاضلاب (ایمهف تانک) استفاده شود. استاندارد آلمان غربی حجم لازم درانباره برای هر نفر ۳۰۰ لیتر و حداقل حجم انباره را ۳ متر مکعب پیشنهاد کرده است ، حداقل حجم انباره را در اتریش ۴ و در سوییس ۵ متر مکعب می گیرند. استاندارد انگلستان حجم انباره را برای توقف یک شبانه روز میانگین فاضلاب در حالت بدون بارندگی به علاوه ۱/۸ متر مکعب فضا برای جمع شدن لجن

پیشنهاد می کند ، همچنین حداقل حجم را ۳/۵ متر مکعب پیش بینی کرده است .

استاندارد هندوستان حجم مفید انباره را حداقل ۲/۳ متر مکعب و بر مبنای ۱۱۲ تا ۲۵۲ لیتر برای هر نفر در نظر می گیرد و حجم لجن بدست آمده از انباره را ۰/۲۱ لیتر برای هر نفر در شبانه روز پیش بینی می کنند . لجن بدست آمده از سپتیک تانک از نظر وزنی ۲۵ تا ۳۰ درصد و از نظر حجمی ۷۵ تا ۸۰ درصد کمتر از لجنی است که از استخر ته نشینی بدست می آید.

نگهداری انباره های تعفن

برای اینکه سپتیک تانک با بازدهی بهتری کار کند باید به نکات زیر توجه شود:

۱- هیچ گونه ماده گند زادیی نباید به درون انباره وارد نمود زیرا موجب از بین رفتن باکتری های تصفیه کننده فاضلاب می شود.

۲- در فاصله زمانی لازم باید لجن جمع شده در کف انباره را بیرون آورد . آب لجن رامی توان به صورت زه کشی و ثقلی خالی نمود و لجن را معمـــولاً با کمک پمپ بیرون می آورند .

۳- هنگام خالی کردن انباره نباید تمام مواد لجنی را بیرون آورد زیرا وجود ته مانده ی لجن درانباره کار دوباره ی آن را بهبود می بخشد .

معایب سپتیک تانک

بطور کلی تصفیه ی فاضلاب در انباره های تعفن به طور ناقص انجام می گیرد و آن هم برای جمعیتی محدود . این تصفیه ی ناقص موجب می شود که دفع فاضلاب به زمین آسان تر انجام گرفته و دفع آن به منابع طبیعی آب درروی زمین زیان کمتری را به محیط زیست وارد سازد.

سپتیک تانک از نظر کار خود نیز دارای این عیب است که قسمتی از مواد ته نشین شده درکف انباره به علت تعفن و تولید گازها ، همراه این گاز به سطح فاضلاب در انباره آمده

و موجب اختلال در کار سپتیک تانک می شود . همچنین ممکن است این مواد همراه فاضلاب بیرون آید.

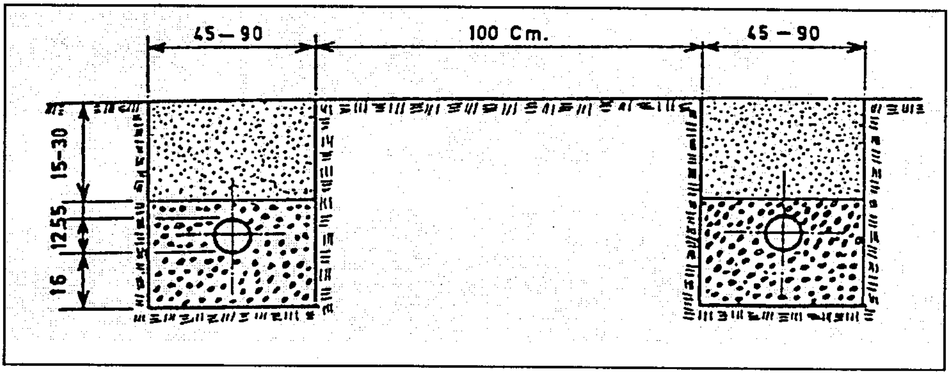
جذب فاضلاب در زمین

فاضلابی که در سپتیک تانک تصفیه ی ناقص شـــده است ، معمولاً به زمین فرستاده می شود . برای وارد نمودن فاضلاب به زمین روش های زیر معمول است:

۱- در صــورتی که در سطح آب زیر زمینی پایین و امکان ایجاد چاه جذب کننده ی فاضلاب موجـــود باشد از چاه های فاضــلاب سنتی برای دفع فاضلاب به زمین استفاده می شود .

۲- در صورتی که سطح آب زیر زمینی بالا و یا زمین از نفوذ پذیری زیادی برخوردار باشد باید فاضلاب ر ادر زیر سطح زمین پخش نمود.

در این صـــورت مانند شکل (۸-۳) فاضلاب با کمک یک شبکه لوله های سوراخ دار درزیر زمین و درعمق ۴۵تا ۹۰ سانتیمتری پخش می‌گردد. شیب لوله های پخش کننده ۱/۴۰۰ تا ۱/۵۰۰ انتخاب میگردد . فاصله دو لوله موازی ۲ تا۳ متر انتخاب می شود . در صورتی که زمین از نفوذ پذیری کمی برخوردار باشد باید با ایجاد تراشه های پر از شن و ماسه تماس فاضلاب را با زمین طبیعی افزایش داد.



شکل (۸-۳) شبکه ی بخش فاضلاب در زیرزمین

محاسبه سیستم جذب پساب در زمین

محاسبه سطح لازم برای جذب فاضلاب نیمه تصفیه شده درزمین به صورت زیرانجام می گیرد:

الف- درصورتی که از چاه برای جذب فاضلاب استفاده شود ، سطح لازم برای چاه از رابطه (۲-۳) محاسبه می شود.

رابطه شماره (۲-۳)

$$B_a = \frac{1.75}{Ta+7.5}$$

ب- در صورتی که از لوله های سوراخدار و تراشه ی جذب فاضلاب استفاده شود سطح کف تراشه و یا زمین مجاور به لوله از رابطه ی شماره ی (۵-۳) محاسبه می شود.

رابطه ی شماره ی (۵-۳)

$$B_a = \frac{7.30}{Ta+7.5}$$

در رابطه های (۵-۲)و (۵-۳) مقدار Ba برابر بارسطح و یا دبی فاضلاب وارد برسطح جذب کننده بر حسب متر مکعب در شبانه روز به هر متر مربع از سطح دیوار چاه یا کف تراشه می باشد و Ta مدت زمان جذب برحسب دقیقه است که با آزمایش زیر در محل تعیین می گردد.

در زمین مورد نظر برای پخش فاضلاب چاله ای به ابعاد ۳۰ سانتیمتر در ۳۰ سانتیمتر و عمق ۴۵ سانتیمتر می کنند و درآن آب می ریزند و مدت زمانی که لازم است تا سطح آب ۲/۵ سانتیمتر پایین رود را اندازه گیری می نمایند . در صورتی که زمین در محل کاملا خشک باشدقبلا آن را مرطوب می سازند و سپس آزمایش می کنند.

پس از محاسبه سطح لازم و تعیین پهنای تراشه ، طول آن محاسبه می گردد . درمورد چاه معمولا درمحاسبه سطح لازم ، کف چاه ر ادر نظر نمی گیرند زیرا پس از مدتی عملاً به علت ته نشین شدن مواد معلق از نفوذ پذیری آن به شدت کاسته می شود.برای آلوده نشدن سطح آب زیر زمینی لازم است که کف این گونه چاه ها حداقل ۱/۵ تا ۳ متر بالاتر

از سطح آب زیر زمینی باشد . زیرا آزمایش ها نشان داده اند که میکروب های بیماری زا همراه فاضلاب می توانند تا ۱/۵ متر درزمین فرو روند و اگر جریان فاضلاب دائمی باشد تا عمق سه متری هم می رسند. درمحاسبات اولیه و تقریبی می توان یک متر سطح جذب برای هر نفر درنظر گرفت.

۸-۳- انبارهای تعفن دو طبقه (ایمهف تانک)

این انبارها را می توان تصفیه ی فاضلاب جمعیت هایی از ۵۰ تا ۱۵۰۰۰ نفر ساخت. تفاوت اصلی آن با سپتیک تانک درجداسازی منطقـــه ای ته نشینی از منطقـــه ی تعفن می باشد ، فضای درون این انبارهای تعفن مانند شکل شماره (۹-۳) از سه قسمت تشکیل می شود:

۱- قسمت رویین V که ویژه ی ته نشینی است ،با ورود فاضلاب به این قسمت از سرعت آن کاسته شده و مواد معلق آن روی سطح شیب دار دو طرف ته نشین می گردد.

مواد ته نشین شد ه روی سطح شیب دار سر خورده و از شیار سرتاسری موجود در کف ، وارد قسمت دوم یعنی قسمت زیرین جهت متعفن شدن می گردند .

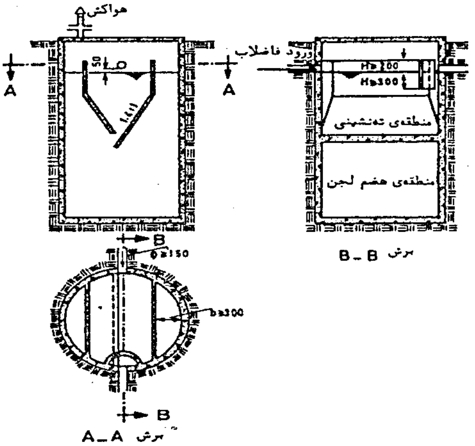
۲ - قسمت زیرین V که ویژه متعفن شدن و هضم بی هوازی لجن می باشد . دراین قسمت لجن مدت زمان طولانی می ماند و مانند سپتیک تانک از حجم آن کاسته می شود.

۳ - قسمت کناری V که ویژه ی جمع شدن گازهای بدست آمده از هضم بی هوازی لجن می باشد . جریان فاضلاب و ته نشینی مواد معلق در استخر ته نشینی به صورت دائمی انجام می گیرد و مواد ته نشین شده از شیارهایی سراسری وبه پهنای ۱۲ تا ۲۵ سانتیمتر در اثر نیروی ثقل خود وارد قسمت زیرین می گردند و فاضلاب ته نشین شده از سمت دیگر بیرون می رود .

محاسبه انبارهای تعفن دو طبقه

استاندارد آلمان غربی برا ی طراحی ایمهف تانک های کوچک اعـــداد زیررا پیشنهاد می کند:

الف- برای قسمت ته نشینی یعنی V1 ، حجم را برای هر نفر ۳۰ لیتر و حداقل حجم این قسمت ر ابرابر ۱/۵ متر مکعب تعیین کرده است .



شکل (۹-۳) نگهداری انباره ی تعفن دو طبقه

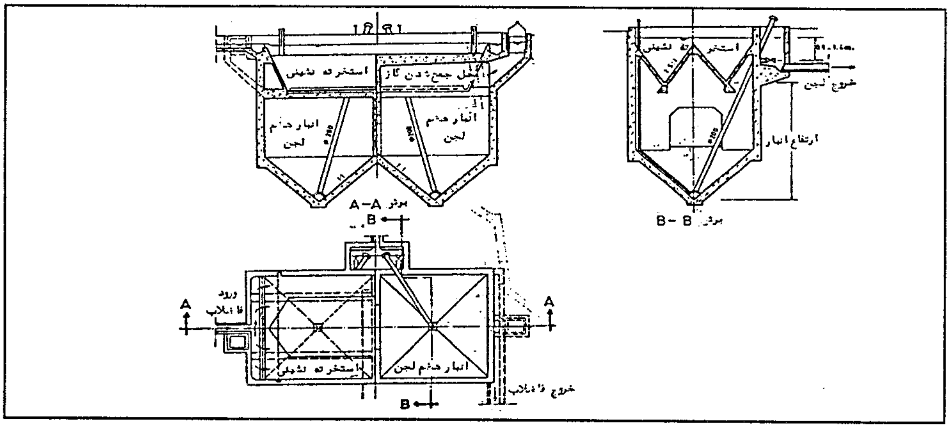
ب-برای قسمت هضم لجن یعنی V2 ، حجم را برای هر نفر ۶۰ لیتر و حداقل حجم این قسمت ر ابرابر ۳ متر مکعب مشخص نموده است .

ج- برای قسمت جمع شدن گاز یعنی V3 ، حجم را برای هر نفر ۳۰ لیتر و حداقل این قسمت ر ابرابر ۱/۵ متر مکعب پیشنهاد کرده است .

پهنای قسمت جمع شدن گاز را در این گونه انبارهـــا حداقـــل ۶۵ سانتیمتردر نظر می‌گیرند ، تا دسترسی به آن امکان پذیر باشد . برای ایمهف تانکهای بزرگ و مانند شکل (۵-۶) برای جمعیتهای چند صد نفری تا ۵۰۰۰ نفر حجم قسمت ته نشینی را برای هر نفر ۵۰ لیتر و حجم قسمت هضم لجن ر ابرای هر نفر ۱۰۰ لیتر درنظر می گیرند .

بار سطحی را در انبارهای متعفن دو طبقه درحدود ۲متر درساعت و بار سر ریزهارا برابر ۲۵ متر درساعت برای هر متر طولی درنظر می گیرند. مدت زمان توقف فاضلاب

در انبار را ۱/۵ تا ۲ ساعت و سطح قسمت جمع شدن گاز را حداقل ۲۰ درصد کل سطح انباره انتخاب می کنند . به طور کلی برای تعیین ابعاد قسمت ته نشینی نظیر استخرهای ته نشینی نخستین عمل می شود و ابعاد قسمت هضم لجن را مانند انباره های هضم بی هوازی لجن در گرمای ۱۵ درجه محاسبه می نمایند .



شکل (۱۰-۳) نمای دیگری از انباره تعفن دو طبقه

۹-۳- فرایند هضم بی هوازی لجن

با وجود اینکه حجم لجن درتصفیه خانه های فاضلاب نسبت به حجم تمام فاضلاب بسیار ناچیز است ، تصفیه ی کامل آن تا اندازه ای که لجن خاصیت متعفن شدن را از دست بدهد ، مستلزم تاسیسات به نسبت پیچیده و پر هزینه ای می باشد . لجنی که درروشهای گوناگون تصفیه ی فاضلاب بدست می آید معمولا به طور کامل تصفیه نشده ، مواد جامد و معلق آلی فساد پذیر و ناپایدار درآن وجود دارند. فرآیند تصفیه ی تکمیلی لجن به دوصورت ممکن است انجام پذیرد. تصفیه نهایی لجن را اصطلاحاً هضم لجن می‌نامند . هر نوع لجنی که از استخرهای ته نشینی نهایی یا نخستین درروشهای فعال یا صافی چکنده بدست آمده است می تواند با این روش هضم و تثبیت گردد. نتیجه کار باکتری های بی هوازی درهضم بی هوازی ، تولید گازهای N_2 ,CO_2 ,H_2S وسرانجام گازمتان CH_4 می باشد . گازهای H_2S, CO_2 درنتیجه ی مرحله اول هضم لجن یا مرحلــه ی اسیدی بدست می آیند و گاز CH_4 بیشتردرمرحله ی دوم هضم لجن ویا

مرحله ی متانی (قلیایی) تولید می شود . مرحله ی اسیدی نامطلوب بوده و در را هبری انباره ی تعفن کوشش می شود که هضم لجن درمرحله ی متانی انجام گیرد. باکتری های متانی که درمرحله دوم فعالیت می کنند بسیار حساس هستند. تاریکی ، درجه ی گرمای مشخص و وجود آب به مقدار حداقل ۵۰ درصد درلجن برای زندگی این باکتری ها لازم است . تغییرات درجه ی گـــرمای لجـــن به شدت درپایین رفتن فعالیت این باکتری ها و درنتیجه‌اختلال در کار انبار هضم لجن موثر است . مناسب ترین درجه ی گرما برای فعالیت باکتری های متانی ۳۰ درجه و ۵۵ درجه می باشد که درهر یک از دو درجه ی نامبرده گروه ویژه ای از باکتری ها متانی فعالیت می کنند . مدت زمان لازم برای هضم لجن در ۳۰ درجه ی سانتیگراد ۲۸ روز و در ۵۵ درجه ی سانتیگراد حدوداً ۱۳ روز می باشد. اما راهبری انبار های هضم لجن در گرمای ۵۵ درجه به علت خطر انفجار بسیار پیچیده و حساس است لذا حتی در کشورهای صنعتی‌اغلب از گرمای ۳۰ درجه تا ۳۵ درجه برای انبارهای هضم لجن استفاده می شود .به همین جهت کاربرد انبارهای با درجه ی گرمای ۵۵ درجه به هیچ وجه درایران توصیه نمی گردد . همچنین بهم زدن تدریجی لجن وارد شده به انبار تعفن و آمیختن آن با لجن موجود درانبار در بازده تاسیسات هضم لجن تاثیر چشم گیری دارد، به طوری که براین مبنا نیز نوع انبارها تقسیم بندی می گردند .

تقسیم بندی و شکل ساختمانی انبارهای هضم لجن

انبارهای هضم بی هوازی لجن استوانه های بتن آرمه ی سرپوشیده ای هستند که لجن درقسمت بالای آن وارد و پس از هضم از پایین ترین قسمت آن بیرون می رود. انباره های هضم بی هوازی لجن را مانند شکل شماره ی (۳-۱۰) بـــه دو گروه تقسیم می کنند :

گروه اول - انباره های پر بار که در آنها لجن با وسایل مکـــانیکی به طور مرتب و کامل کامـــل به هم می‌خـــورد و به همین دلیل غلظت آن تقریباً در همـــه جا یکسان است و به هم زدن لجن ممکن است توسط دمیدن گاز درانبار و یا به کمک پره های گردانی انجام پذیرد و سقف این گونه انبارها ثابت ساخته می شود .

گروه دوم - انبارهای متعارفی یا کم بار که درآن ها لجن به هم زده نمی شود،به همین دلیل به تدریج که لجن به کف انبار نزدیک می شود به غلظت آن افزوده می شود . امروزه معمولا هضم لجن را با هر دو روش ودر دو مرحله انجام می دهند یعنی لجن را نخست با روش پر بار و سپس با روش کم بار درمعرض هضم بی هوازی قرار می دهند درمورد انبار های گروه دوم یعنی انبارهای متعارفی که تا کنون بیشتر متـــداول بوده اند، دراثر بیرون آمدن گاز از درون لجن ، ذرات و لخته های آن را به سطح انبار بالا آورده و پس از مدتی لایه ای نسبتاً سخت بوجود می آید که علاوه بر هدر دادن قسمتی از فضای انبار مانع از بیرون آمدن‌گازهای بعدی از لجن می گردد. با توجه به آنچه گفته شد می توان فضای این انبار ها را از پایین به بالا طبق شکل (۱۱-۳) به پنج قسمت تقسیم نمود:

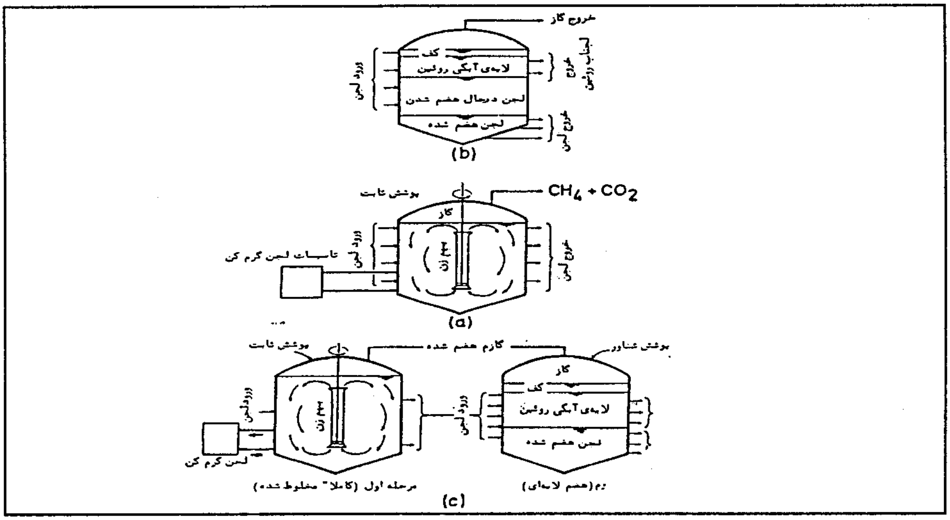
۱- پایین تـــرین قسمت‌که لجن هضم شده نسبتاً غلیظ و آمـــاده‌تخلیه از مخزن درآن قراردارد .

۲- قسمتی که لجن در حال هضم شدن در آن می باشد .

۳- قسمتی که آب لجن در آن جای گرفته است .

۴- قسمتی که به وسیله ی لخته های شناور شده لجن گرفته است.

۵- قسمت رویین انباره که به وسیله ی گاز پر شده است .



شکل (۱۱-۳) شمای انواع انبارهای هضم بی هوازی لجن

لایه‌ی نسبتاً سختی که با بالا آمدن لخته های لجـــن درسطح آن بوجود می آید باید بوسیله ای‌به طور مرتب از بین برود . درانبار های کوچک معمولاً با پوشیدن لجن خام همراه با فشار درسطح بالایی انبار و در انبار های بزرگ با قرار دادن تیغه های گردانی لایه نامبرده را از بین می برند . به علت خاصیت سوزندگی گاز متان ، ورود هـــوا و اکسیژن به درون انبـــار(به نسبت ۸۵ درصد هوا ، ۱۵ درصد گاز) احتمال انفجار را دربر دارد لذا باید فشار درون انبار همیشه بیش از فشار اتمسفر باشد برای رسیدن به این هدف دو راه متداول وجود دارد :

راه اول - اینکه سقف انباره رابه صورت شناور بر روی لجن می سازند تا در اثر وزن خود اضافه فشار لازم را در انبار بوجود آورد .

راه دوم - اینکه انباره را به مخزن گازی با فشاری بیش از اتمسفر ارتباط می دهند که درضمن انتقال و جمع آوری گازهای بیرون آمده از لجن ، فشار لازم را نیز درانباره برقرار سازد. کف اینگونه انباره‌های هضم بی هوازی را بهتـــر است مانند شکـــل شمـــاره ی (۱۲ - ۳) با شیب زیاد و در حدود ۳ :۱ تا ۱ : ۱ بسازند تااینکه بیرون آمدن لجن هضم شده از آن آسانتر گردد.

شکل ظاهری انبارها را استوانه ای و یا تخم مرغی شکل انتخاب می کنند ، شکل تخم مرغی دارای امتیاز های زیر است :

اول اینکه از نظر ظاهری زیباتر بنظر میرسد

دوم اینکه درون آن فاقد گوشه است

سوم اینکه ازنظر مقاومت استاتیکی مناسب ترمی باشد .

آب لجن ایجاد شده که آلـــودگی آن بسیار زیاد است باید روزانه مرتباً از انباره توسط لوله ی شماره ی (۱۱) بیرون آورده شده و به مدارفاضلاب تصفیه خانه جهت تکمیل تصفیه ی آن بر گشت داده شود .

ارتفاع کل انباره‌های هضم بی هوازی لجن ۸ تا ۱۲ متر و قطر آنها ۶ تا ۴۰ متر انتخاب

می گردد. درصورتی که برای این انباره ها شکل ساختمانی شماره (۱۲- ۳) انتخاب گردد و قطر درونی آن با D نمایش داده شود . ارتفاع مربوط به قسمت شیب دار سقف H=0.25D ، ارتفاع مربوط به قسمت قائم H=0.42D و سرانجام ارتفاع مربوط به قسمت شیب دار کف انبار به طور تجربی در حدود H=0.42D خواهد بود .

دیوار و پوشش انبارهها باید دربرابر تبادل گرما از بیرون عایق کاری شود . به ویژه درمناطق سردسیر ایران مانند آذربایجان و کردستان لازم است روی دیوار بتنی لایه ی عایق گرما و سپس پوشش حفاظتی جهت عایق نامبرده قرار داده شود . پوشش درونی انبار بعلت احتمـــال برقرار شدن حالت نا خواسته ی تخمیر اسیدی می باید دارای جنس مناسبی باشد . لذا درون این انبارها را معمولاً با پوشش های پلاستیکی یا رنگ های ویژه ای مانند اپوکسی اندود می نمایند . انبار ها را از نظر بزرگی به سه گروه تقسیم می کنند :

- انباره های کوچک با حجم ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر مکعب .
- انبارههای متوسط با حجم ۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر مکعب
- انبارههای بزرگ با حجم ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب .

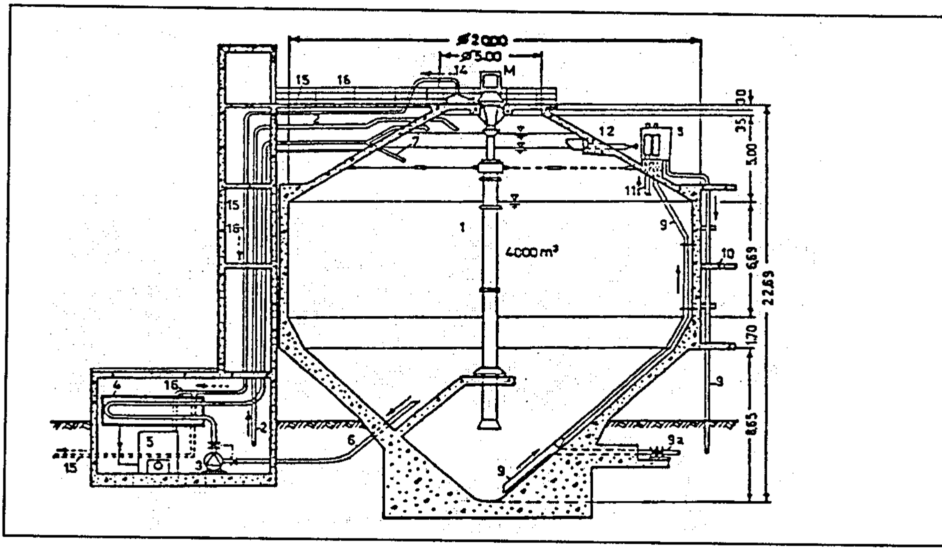
انبارههای کوچک را می توان با سقف متحرک و شناور و انبارهای بزرگ را بهتر است با سقف ثابت ساخت .

سیستم گرمایش لجن

گرم کردن لجن درانبارهای بزرگ به این صورت انجام می گیرد که قسمتی از لجن را مانند شکل شمـــاره (۱۲-۳) از انباربرداشت نموده و با گرم کردن لوله ی برداشت (لوله ی شماره ۶) لجن آن را گرم کرده و با فشار تلمبـــه ی ۳ دوباره بوسیله ی لوله هایی (لوله شماره ۷) درقسمت بالایی انبار وارد می سازند. این روش موجب می شود که علاوه بر گرم کردن لجن درانباره از تشکیل لایه ی سخت روئین لجن جلوگیری شود . همچنین این روش به درهم آمیختن لجن و یکنواخت شدن آن نیز کمک می کند.

درانبارهای کوچک تا حدود ۲۰۰۰ متر مکعب می توان لوله های جریان آب گرم را به

صورت مداری بسته درمیان انبار کار گذارد تا گرمای لجن درمجاورت با لوله های آب گرم افزایش یابد . این لوله های فولادی قابل درآوردن یا تعویض می‌باشند. به علاوه تعدادلوله ها و درجه گرمای آب در آنها را می توان به دلخواه تغییر داد ، درجه گرمای آب جاری دراین لوله ها درهر صورت نباید از ۶۰ درجه تجاوز نماید .



راهنمای شکل

۱- منطقه ی حذف لجن
۲- ورود لجن تازه
۳- پمپ تزریق لجن
۴- مبدل حرارتی
۵- کوره آب گرم کن
۶- برداشت لجن تزریق شونده
۷- پخش لجن تزریق شونده
۸- دریچه ی کنترل
۹- برداشت لجن هضم شده
۱۰- پله
۱۱- جروج لجنا ب
۱۲- خروج لجن شناور
۱۳- موتور بهمزن لجن
۱۴- لوله برداشت گاز
۱۵- جریان گاز به منبع گاز
۱۶- جریان گاز به کوره ی آب گرم کن

(شکل ۱۲-۳) برشی از یک انبارهِ هضم بی هوازی لجن از نوع متوسط با روش متعارفی وکم بار به ظرفیت ۴۰۰۰ متر مکعب حجم مفید ، تمام اندازه ها برحسب متر داده شده اند

محاسبه ی انبارهای هضم لجن

هدف از محاسبه انبارهای هضم بی هوازی لجن ، تعیین حجم لازم جهت انبار ، روش تامین گرمای لجن در انبار و سرانجام محاسبه مقدار گازهای تولید شده و به ویژه مقدار گاز متان و روش استفاده از این گاز ها می باشد . برای محاسبه حجم انبار روش‌تئوری یا تئوریک قابل اعتمادی پیشنهاد نشده است و تنها با کمک اعدادی تجربی ظرفیت لازم را محاسبه می کنند .

برای رسیدن به این هدف می توان از بار گذاری حجمی و یا مدت زمان توقف لجن در انبار استفاده نمود .علاوه برآن باید ۶۰ سانتی متر نیز فضا ی آزاد برای جمع شدن گاز در زیر سقف انبار در نظر گرفت . مدت زمان توقف لجن را در انبار های پر بار با گرمای ۳۰ تا ۳۵ درجه ی سانتی گراد برابر ۱۰ تا ۲۰ روز انتخاب می کنند.

در مورد انبارهای متعارفی و کم بار (بدون دستگاههای‌مخلوط کننده) ماخذهای اروپایی مدت زمان توقف لجن را برای گرمای ۳۰ تا ۳۵ درجه ۲۰ تا ۳۰روز و ماخذ های آمریکایی ۳۰ تا ۶۰ روز پیشنهاد می کنند . بار حجمی را برای انبار های پر بار ۱/۶ تا ۶/۴ کیلوگرم مواد معلق آلی برمتر مکعب از حجم انباره در شبانه روز و برای انبارهای هضم لجن متعارفی کم بار ۰/۶ تا ۲ کیلو گرم (میانگین ۱/۵ کیلو گرم) ماده آلی بر متر مکعب از حجم انباره در شبانه روز پیشنهاد می کنند .

برای شرایط موجود در ایران مدت زمان توقف لجن در انبار های هضم بی هوازی با درجه گرمای ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی گراد برابر ۲۷ تا ۳۰ روز و بار حجمی آنها ۱/۵ کیلو گرم ماده خشک آلی بر هر متر مکعب از حجم انباره در شبانه روز پیشنهاد می شود . علاوه بر روش نامبرده برای محاسبه حجم انبار های هضم بی هوازی لجن در تصفیه خانه ها ی فاضلاب شهری می توان از اعداد تجربی در مورد حجم مورد نیاز برای هر نفر از ساکنین شهر استفاده نمود.

۱۰ - ۳- برکه های تثبیت پساب

برای برنامه ریزی وساخت موسسا ت سرمایه گذاری کننده یک چالش واقعی وجود دارد و برای دستیابی به آن باید روش‌های کم هزینه به کارگرفته شود . پژوهش های بسیاری در خصوص تصفیه فاضلاب با استفاده از برکه های تثبیت در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه انجام شده و تجربیات بهره برداری در طول مدت ۵۰ سال جمع آوری گردیده است و اینک سیستم برکه تثبیت با طراحی خوب را می توان فرآیندی مطمئن ، کار آمد ، اقتصادی و آسان جهت تصفیه فاضلاب های خانگی و صنعتی در نظر گرفت .

مزایایی در خصوص سیستم برکه تثبیت نسبت به سایر فرآیند ها ی تصفیه فاضلاب شناخته شد ه است .یکی از مزایای مهم آن ها ، توانایی این برکه ها در حذف بالای عوامل بیماری زا می باشد که‌در نتیجه تأثیر به سزایی در بهداشت خواهد گذاشت . پساب سیستم مزبور مطمئن تر از پسابی است که از طریق بسیاری از فرآیند های دیگر ایجاد می گردد و همین دلیل امکان استفاده مجدد آن را در کشاورزی و پرورش آبزیان فراهم می آورد .

بعلاوه ، فرآیند برکه برای جمعیت های کم و زیاد مناسب است ، برای مثال برخی از بزرگترین برکه های موجود در جهان ، فاضلاب تولیدی بیش از یک میلیون نفر را مورد تصفیه قرار می دهند . در حقیقت ، نقش برکه تثبیت در حل مشکلات دفع فاضلاب در کشورهای در حال توسعه نباید از سوی تصمیم گیرندگان ملی ، مقامات بهداشتی ، مهندسان و اقتصاد دانان دست کم گرفته شود .

این نوع تصفیه فاضلاب با هزینه های ساختمانی و بهره برداری اندک ، نه تنها در رقابت با سایر فرآیند های پیچیده تصفیه می باشد ، بلکه در جایی که زمین ارزان در دسترس باشد ، سرمایه گذاری بسیار کمتری را نیز می طلبد .

به علاوه تکنولوژی مورد نیاز آن بخوبی با نیازهای یک اقتصاد در حال توسعه متناسب می باشد و در عین حال طراحی این تسهیلات به سادگی امکان پذیر است و فشار محسوسی را بر منابع فنی و نیروی انسانی تحمیل نمی کند . در عین حال طراحی این

تسهیلات متنـــاسب با شرایط آب و هوایی مختلف و سایر شرایط محــلی تعدیل پذیر است . برکه ها مساعد ترین فرآیند ی هستند که توسط آن انسان سعی در تثبیت مواد قابل تجزیه بیولوژیکی دارد. در برکه های تصفیه فاضلاب ممکن است کلیه فرآیند ها وعملیات با یکدیگر در داخل یک واحد صورت پذیرند یا ممکن است مجموعه ای از واحد ها مورد استفاده قرار گیرند. اگر تنها یک مرحله از تصفیه مورد استفاده قرار گیرد، برکه معمولا به صورت بی هوازی یا اختیاری خواهد بود وبه هر صورت یک برکه بی هوازی باید در اکثر موارد ،با برکه ثانویه جهت انجام تصفیه بیولوژیکی هوازی بیشتر ،دنبال گردد.

۱-۰-۱-۳- تصفیه در برکه تثبیت بی هوازی

در طی گذر کند فاضلاب در داخل برکه‌و پس از گذشت مدت زمانی ،تغییرات زیر صورت می پذیرد:

الف - اغلب مواد جامد در کف برکه ته نشین می شوند .

ب - تا حدودی حذف عوامل بیماری زا صورت می پذیرد .

ج - مواد شناور شامل روغن ، گریس ،چوب پنبه ، فیلتر سیگار ، پلاستیک و سایر موارد به سمت سطح برکه جاییکه کف تشکیل می شود حرکت می کنند . موانع کف گیر و یا سایر وسایل متعاقباً از خروج لایه کف تشکیل شده از برکه به همراه پساب خروجی جلوگیری بعمل می آورند .

د- بخشی از مواد معلق که شامل تخم کرم ها ، باکتری ها وانگل ها می باشند ، در کف برکه ته نشین می شوند . مواد آلی توسط باکترکتری های بی هوازی تجزیه می شوند و بخشی از آن‌ها از طریق متابولیسم تنفس و رشد به مواد معدنی تبدیل می گردند .

درطی این فاز گاز که بیشتر بصورت CO_2 ، CH_4 ، H_2S ، است ایجاد می شود .این گازها از طریق سطح مایع به فضا متصاعد می شوند وبخشی از لجن که از ته نشینی مواد جامد حاصل شده است ، به گاز تبدیل می شود .

این واکنش به همراه تغلیظ لجن ، علت پدید آمدن مقدار مواد جامد اندک در یک برکه بی هوازی می باشد .در نتیجه مقدار لجن تجمع یافته ممکن است تنها به ۴۰ لیتر به ازاء هر نفر در سال برسد . پساب واحد برکه بی هوازی تقریباً همیشه به برکه اختیاری منتقل می گردد. این پساب شامل مقادیر اندک مواد جامد معلق و قابـل ته نشینی و تخم کـــرم می باشد . بسته به درجه حرارت ، زمان ماند و BOD_5 اغلب ۶۰-۴۰ در صد نسبت به فاضلاب خام ورودی برکه اولیه و یا بی هوازی کاهش غلظت خواهد داشت .

۲-۱۰-۳- تصفیه در برکه اختیاری

یک برکه اختیاری در عمق کمتر و باسطح بزرگتر نسبت به برکه بی هوازی با همان حجم ساخته می شود . طراح این برکه سعی درحفظ یک لایه هوازی در بالا ، محلی که بر روی لایه بی هوازی شناور است ، دارد . شرایط هوازی در لایه بالایی توسط اکسیژن محلول ایجاد می شود ، که این اکسیژن محلول در نتیجه فتوسنتز ناشی ا زانتشار تابش خورشید بر جمعیت جلبکی در برکه تولید می گردد.باکترها ی هوازی و اختیاری در لایه بالایی و میانی ، مـــواد آلی معلـــق و کلوییدی راجذب نمـــوده و اکسیژن محلول را به مصرف رسانیده و CO_2 تولید می کنند که به مواد درون سلولی جلبک‌ها تبدیل می شوند. باکتری های اختیاری حتی زمانی که اکسیژن آزاد تمام می شود،موارد فوق الذکـر را مورد مصرف قرار میدهند .

در طی عبور فاضلاب از یک برکه اختیاری، تغییرات زیر ممکن است مشاهده شود:

الف - اغلب مواد جامد باقیمانده در برکه ته نشین شده و در آنجا لایه ای را تشکیـــل می دهند که نظیر یک هاضم بی هوازی لجن کار می کند . این لایه ناحیه بی هوازی برکه اختیاری است .

ب- دربالای لایه بی هوازی لجن ، ناحیه بینابینی می باشد که برخی از اوقات اکسیژن محلول در آن وجود دارد ، که از لایه بالایی برآن تغذیه می گردد. ناحیه بینا بینی بدلیل و جود جلبک متمایل به سبز است .

ج- لایه بالایی یک محیط کشت طبیعی برای جلبک ها است وبه عنوان یک سیستم هوادهی عمل نموده و اکسیژن را برای لایه هوازی و بینابینی تولید می کند . غلظت اکسیژن با عمق و زمان روز در تغییر است .در شب تولید اکسیژن وجود ندارد اما تا حدودی انتشار سطحی اکسیژن جو وجود خواهد داشت .

د- جلبک در لایه بالایی به طور مشترک با باکتری در یک رابطه هم افزایی است .

ه - در طول فرایند تثبیت ،بیشتر مواد آلی قابل تجزیه عمدتاً به مواد آلی در بافت زنده به صورت جلبک ها ، باکتری ها ، پروتوزوئرها و غیره تبدیل می شوند .

و- پساب خروجی از برکه تثبیت اختیاری که از سطح گرفته می شود ، بدلیل وجود جلبک هابه رنگ سبز تیره است . همچنین حاو ی سایرموجودات زنده نظیر باکتری ها ، رتیفر هاو غیره بوده و دارای مقادیر زیادی اکسیژن محلول است .

به هر صورت عملا مواد جامد معلقی کهقابل ته نشین شدن باشنـــد ، وجـــود ندارد. باکتری‌ها اکسیژن را به منظور تنفس و تولید مثل مصرف می کنند و در همان زمان مواد آلی موجود در فاضلاب را تجزیه می نماید .

آنها به عنوان یک محصول جانبی دی اکسید کربن و همچنین نیترات ها ،سولفات ها ، فسفات ها و سایر نمک ها ی معدنی را به فازمایع می کنند .

جلبک ها به نوبه خود زمانی که نور جذ ب می کنند این محصولات جانبی را به منظور سنتز سلولی خود به کار برده و اکسیژن آزاد می کنند و مقداری ا زاین اکسیژن سپس توسط باکتری ها ی هوازی مصرف شده و چرخه ادامه می یابد .

یک برکه اختیاری‌به‌عنوان برکه ثانویه (یعنی پس از برکه بی هوازی) درشرایط اقلیمی که متوسط درجه حرارت سردترین ماه هوا و فاضلاب به ترتیب از ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی گراد پایین‌تر نمی رود،باید زمان ماندی در حدود ۵ روز برای فاضلاب داشته باشد . حداکثر آن توسط پارامتر های طراحی زمین موجود تعیین شده و به دهها روز نیز می رسد . زمانی که برکه های اختیاری در درجه حرارت ذکرشده به عنوان برکه های اولیه مورد استفاده قرار می گیرند زمان ماند دهها روز خواهد بود .

۳-۱۰-۳- وضعیت قرار گرفتن سیستم های برکه ای

برکه های بی هوازی ، اختیاری و تکمیلـــی اغلب به طور سری مـــورد استفـــاده قرار می گیرند . هر مرحله در یک سری می توانند به دو یا چند برکه به صورت موازی تقسیم شود . برکه های‌بی هوازی معمولا به منظـــور کـــاهش سطح مورد نیاز ، قبل از برکه های اختیاری واقع می شوند .

۳-۱۰-۴- موقعیت و جهت برکه

محل برکه های تثبیت باید به قدری دقیق انتخاب شود تا احتمال نا رضایتی ها را به حداقـــل رسانـــده و از هر جنبه سودمند مربـــوط به طبیعت و وضعیت محل ،استفاده به عمل آید .

برکه های بی هوازی باید حداقل ۱۰۰۰ متر از نزدیک ترین واحد مسکونی فاصله داشته باشند درحالیکه برکه های تکمیلـــی باید ترجیحا" ۵۰۰ متر فاصله داشته باشند ، برکه های تثبیت باید به گونه ای قرار گیرند که جهت بادهای غالب در خلاف نزدیک ترین اجتماع مجاور بوده و همچنین جهت برکه ها باید بگونه ای باشد که طولانی ترین بعد آنها در موازات جهت باد باشد .

سطح آب در برکه نهایی که به آب های پذیرنده تخلیه می گردد ،باید به گونه ای انتخاب شود تا حتی در شرایط سیلابی امکان تخلیه ثقلی وجود داشته باشد و نیازی به استفاده از پمپاژ وجود نداشته باشد .

۳-۱۰-۵- عوامل موثر در تصفیه در برکه ها

چندین عامل ممکن است بطور مفید یا مضر شرایط بیولوژیکی و هیدرو لیکی را در برکه های تثبیت فاضلاب تحت تاثیر قرار دهند که برخی از این عوامل می توانند در مرحله طراحی مورد نظر قرار گیرند . دقت در انتخاب محل و طراحی می تواند تاثیـــرات منفی برخی از عوامل را کاهش دهد.

۱-۵-۱۰-۳- عوامل طبیعی

پدیده های هواشناسی ،باد،درجه حرارت ، بارش و تبخیر از عوامل طبیعی هستند که توسط انسان قابل کنترل نیستند .

۲-۵-۱۰-۳-اثر باد

تماس باد با سطح آب برکه ، سبب اختلاط در برکه می شود بنابراین بهتر است ضلع طویل برکه در جهت باد غالب قرار گیرد .البته در صورت داشتن مشکل بو برکه ها باید در محلی قرار گیرند تا جهت باد غالب به سمت اجتماع مجاور نباشد .اگر محلی که برکه ها در آ ن مستقر شده اند ، تحت تأثیر بادهای شدید واقع گردد . موج های بلندی ممکن است پدید آیند و این پدیده می تو اند سبب فرسایش خاکریزها و یا پوشش سطح شیب دار گردد و ممکن است برخی از روش های حفاظتی دیگر در سطح آب مورد نیاز باشد .

۳-۵-۱۰-۳- دما

تثبیت فاضلاب در برکه ها توسط واکنش های فیزیکی ، شیمیایی و بیوشیمیایی که عمدتاً توسط درجه حرارت متأ ثرمی شود صورت می پذیرد .بنابراین‌سرعت تثبیت فاضلاب با افزایش درجه حرارت زیاد می شود و برعکس وقتی درجه حرارت ۱۰ درجه سانتی گراد کاهش یابد ، فعالیت بیولوژیکی میکرو ارگانیسم ها ۰/۰۵۷ افت می کند . بهترین کارایی در برکه ها ی بی هوازی ،اختیاری و تکمیلی در روزهایی با درجه حرارت بالاتر از ۲۰ درجه سانتی گراد و با وزش باد ملایم ، اتفاق‌می افتد .

۴-۵-۱۰-۳- بارش

بارش متوسط و حداکثر می تواند اثراتی برکار کرد و قابلیت اطمینان برکه داشته باشد زمان ماند در برکه ها در طی دوره ها ی زمانی بارش کاهش می یابد .بارش های سنگین می توانند سبب رقیق شدن محتویات برکه کم عمق شوند وافــزایش ناگهـــانی جریان

می تواند سبب خروج مقادیر زیادی از طریق‌میکروارگانیسم پساب شود. چنانچه جریان فاضلاب در هوای تراز دوبرابر جریان در هوای خشک تجاوز کند باید سرریزهای جریان اضافی تعبیه شوند.

۵-۵-۱۰-۳- تبخیر

تبخیر عاملی است که همراه با نشت آب از کف نفوذ پذیر برکه ،تعیین کننده میزان کاهش جریان وارد شده به برکه می باشد و در موارد حاد تعیین کننده‌میزان پساب خروجی از برکه و یا حتی فقدان آن خواهد بود . میزان تبخیر در حدود ۵ میلی متر در روز معادل کاهش ۵۰ متر مکعب آب در هـــر هکتار در روز می باشد و تا این حد از اثرتبخیر صرف نظر می شود .

۶-۵-۱۰-۳- نشت

تحقیق در مکانیک خاک به ویژه نفوذ پذیری خاک از اهمیت زیادی برخوردار است آگاهی از عمق سفره آب زیر زمینی و نوع خاک به تصمیم گیری در خصوص پوشش کف برکه کمک می کند . برکه هایی که بر روی خاک‌های نفوذ پذیر ساخته می شوند ، باید پوشش دار باشند . پوشش توسط مواد غیرقابل نفوذ در مواردی که آب های زیر زمینی نیاز به حفاظت در مقابل آلودگی دارند ، ضروری است .

۶-۱۰-۳ عوامل فیزیکی

عوامل فیزیکی عموماً مربوط به طراحی می شوند و طراح قادر است با اختیار در مورد گزینه ها تصمیم گیری نماید.

۱-۶-۱۰-۳-سطح

سطح برکه تثبیت ، به ویژه در خصوص برکه های اختیاری ،براساس بار گذاری روزانه

محاسبه می شود .

درآب و هوای گرم تر بارهای سطحی kgBOD/ha.d ۴۰۰ -۱۵۰ به طور موفق برای برکه هـــای اختیاری به کار رفـــته اند .و بار گذاری بیش از kgBOD/ha.d ۴۰۰ برای برکه های بی هوازی مناسب است .

۲-۶-۱۰-۳-عمق آب

برکه های تثبیت معمولا در شرایط عمق ثابت بهره برداری می شوند ولیکن با توجه به تبخیر و نشت ممکن است در مواقعی سطح آب افت کند و سبب بروز مشکلاتی از جمله رشد زیاد گیاهان آبزی گردد و راندمان برکه را کاهش دهدکه در این موارد رشد و تکثیر پشه ها نیز اتفاق می افتد . مزاحمت های مشابهی نیز ممکن است در طی چند ماه اول پر کردن برکه که هنوز سطح آب در برکه پایین است .اتفاق افتد .به این دلیل توصیه می شود تا قبل از بار گذاری برکه با فاضلاب آن را تا سطح‌مورد نظر با آب پر کنند .

۳-۶-۱۰-۳- اتصال کوتاه

اتصال کوتاه در برکه ها دلیل بسیاری از مشکلات نظیر پیدایش نواحی راکد و مرده است که حجم و سطح موثر برکه را کاهش داده ، و امکان بروز مشکلات ناشی از بو را در مناطقی که بیش از حد بارگذاری شده اند سبب می گردد. یکی از پیامد های غیر قابل اجتناب آن کاهش کارایی برکه می باشد .فاضلاب مورد تصفیه باید در زیر سطح و در موضعی با فاصله ای چند از گوشه برکه وارد آن شود . تقسیم کردن ورودی به چند لوله و قراردادن خروجی در محلی تا حد ممکن دور از ورودی می تواند راه حل مناسبی باشد .

باید از ایجاد موقعیت نسبی ورودی و خروجی بنحوی که بادهای غالب سبب انتقال مستقیم فاضلاب ورودی به سمت خروجی شود ، احتراز نمود. جریان آبی که بوسیله باد تشدید می شود. به عنوان یک عامل اتصال کوتاه ، احتمالاً از موقعیت های نسبی بین ورودی و خروجی مهم تر است .عامل دیگر موثر براتصال کوتاه ، پر شدن برکه با مواد دانـــه ای می باشد .

۱۱-۳-نکات قابل توجه در برکه های بی هوازی

۱-۱۱-۳-پوشش کف

اگر خاک خیلی نفوذ پذیر باشد ، برکه ممکن است هیچ گاه تا سطح مورد نیاز پر نشود ، زیرا نفوذ از کف صورت پذیرفته است . اگر ارتفاع آب در برکه به ارتفاع از پیش تعیین شده در آن برسد ، اختلاطی صورت نمی پذیرد ،زیرا در اثر مرور زمان کف نفوذ پذیر برکه به تدریج توسط لجن ته نشین شده ،گرفته خواهد شد و حالت طبیعی بهره برداری از برکه ایجاد می شود .

اگر عمق واقعی برکه در پایین تر از سطح مورد نظر تثبیت شود ، نشانگر این مطلب است که باید در کف برکه از پوشش استفاده شود . جهت پوشش دادن کف برکه می توان ازیک لایه ضخیم ۱۰ سانتی متری رس فشرده که از مجاور محل مزبور تهیه می شود ، استفاده نمود و یا از ورقه های پلی اتلین و وینیل به عنوان آب بنداستفاده کرد ، که معمولا هم کف و هم جوانب شیب دار تحت پوشش واقع می شوند .یکی دیگر از موادپوشش دهنده خاک ، سیمان است .

۲-۱۱-۳- پوشش سطح شیبدار

عموماً پوشش دهی یک سطح شیب دار با شیب ملایم (۱:۳ یا ۰/۰۳۳ و کمتر) غیر ضروری است، زیرا امواج ایجاد شد ه توسط باد ، روی سطح شیب دار مثل یک ساحل شکسته و انرژی آن مستهلک خواهد شد. پوشش دهی سطوح با شیب زیاد تر ضروری است، ولی تصمیم به پوشش دهی نباید بدون ارزیابی دقیق گزینه ها صورت پذیرد .در محلی که سنگ با قیمت ارزان موجود باشد ، بنظر می رسد سنگچین بیشترین پوشش مورد استفاده برای خاکریز ها می باشد .

فصل چهارم

مقایسه کارایی تعدادی

از روش های مختلف تصفیه بی هوازی

کارایی فرایند های‌بی هوازی بستگی به عوامل متعددی از قبیل نحوه طراحی ، غلظت و ترکیب فاضلاب ،مقدار بار ورودی ، زمان ماند و غیره دارد . انجام یک مقایسه کامل بین سیستم های نامبرده شده غیره ممکن به نظر می رسد ، اما بر اساس ویژگی های خاص هر یک از این فرایند ها در این بخش به مقایسه آن ها پرداخته می شود .

۱-۴- بار ورودی

بالاترین بار ورودی که می توان به یک سیستم تصفیه بی هوازی وارد کرد بستگی به فعالیت و مقدار میکرو ارگانیسم ها در هر راکتور دارد . فعالیت میکرو ارگانیسم ها تا حد زیادی بستگی به ترکیب فاضلاب و ضخامت لایه میکروبی در راکتور دارد .

فاضلاب هایی که حاوی اسیدهای چرب می باشند سبب تولید باکتری های متان زا می‌شوند که در نتیجه فعالیت متان زایی ، لجن تولیدی بالا خواهد رفت در حالیکه فاضلاب های حاوی کربو هیدراتها ،لجن با فعالیت کمتری را تولید می کنند .

نوع راکتور	بار ورودی $kg\ COD/_{m}3._{d}$	٪ راندمان حذف COD
تماسی	۶-۱	۸۵-۹۵
فیلتر	۱-۱۰	۸۰-۹۵
بستر سیال شده	۱-۲۰	۸۰-۸۷
جریان پائین رو	۵-۱۵	۷۵-۸۸
UASB	۵-۳۰	۸۵-۹۵

جدول (۱-۴)- مقایسه عملکرد راکتورهای مختلف تصفیه بی هوازی

در راکتور ها هرچه قدر لایه میکروبی نازکتر و یا توده های باکتریایی کوچک تر باشند فعالیت آن ها افزایش خواهد یافت که این احتمالا به دلیـــل کمتربودن مقاومت نفوذی در آن ها می باشد .غلظت مواد مغذی و سمی نیز تاثیر مهمی در فعالیت باکتری ها دارد . مقدار توده میکروبی که در حالت پایدار در سیستم باقی می ماند بستگی به ترکیب و غلظت فاضلاب و نیز شکل و عملکرد راکتور دارد .

فاضلاب های خیلی مغذی و غلیظ منجر به افزایش تولید موجودات ذره بینی فعال در نتیجه باعث افزایش میزان بارگذاری می شود. نوع راکتور نیز اهمیت زیادی د ر این مسئله دارا می باشد .

در راکتور های تماسی ماکزیمم بار ۲/۵ تا ۳/۵ kg COD /m^3.h می باشد زیرا در این حدود بار غلظت مواد جامد در حدود ۱۳۰۰-۱۰۰۰ mg/l می باشد و در COD بالاتر غلظت مواد جـــامد بقدری زیاد می شود که سبب رسوب آنها به د لیل داشتن دانسته بالا می گردد.

در فیلتر های بی هوازی بالا رو فضای خالی که توسط آکنه ایجاد می شود در عملکرد سیستم مهم است و در سرعت های بالای بار ورودی شناور شدن لجن یک مشکل بزرگ است . برای راکتورهای با بستر آکنه جریان پایین رو نیز فضای خالی و فضای قابل دسترس اتصال باکتری ها مهم می باشد .

در راکتور هاUASB بار های بالا بـــه دلیل ایجاد اغتشـــاش در قسمت هاضـــم مشکل آفرین است .

در راکتور های با بستر سیال شده یا گسترش یافته ضخامت لایه میکروبی ، میزان گسترش بستر ،از پارامتر های محدود کننده می باشد . در حالت بستر سیال شده سطح تماس برای ایجاد لایه میکروبی خیلی بیشتر از بستر گسترش یافته است اما هزینه پمپ برای سیال کردن بستر بالا می باشد . از نظر تئوری بار ماکزیمم برای انواع راکتورها به ترتیب جدول (۱ -۴) می باشد .

۲-۴- راندمان حذف COD

راکتور هایی که دارای حوضچه ته‌نشینی می باشند ، راندمان حذف COD و جامدات معلق در آنها مطلوب تر است. در کلیه راکتور ها شکل و عملکرد راکتور تا اندازه ای در راندمان تصفیه موثر است و با ازدیاد بار ورودی و کاهش زمان ماند هیدرولیکی میزان حذف COD کاهش خواهد یافت جدول (۱-۴) .

۳-۴- سرعت تولید گاز متان

میزان تولید گاز متان در راکتورهای بی هوازی حدود ۰/۳۵ متر مکعب به ازاء هر کیلو گرم COD حذف شده است و سرعت تولید آن در همه راکتور ها تابع خطی از بار COD می باشد .

۴-۴- اختلاط و توزیع خوراک

در راکتورهای تماسی برای کارایی بهتر احتیاج به مخزن پیوست است (که می تواند بصورت مکانیکی با برگشت دادن گاز تولیدی انجام گیرد) تابه این وسیله فاضلاب به خوبی در داخل راکتور پخش شده و با لجن در تماس باشد .

در راکتور ها جریان رو به بالا از آنجاییکه در غلظت بالای COD فاضلاب ممکن است بیوماس در معرض شرایط نامطلوب pH قرار گیرد ، رقیق کردن جریان خروجی و یا طراحی سیستم توزیع مناسب خوراک در قسمت تحتانی راکتور ، ضروری‌به نظر می رسد در راکتورهای جریان پایین به واسطه جریان های حباب گاز اختلاط بخوبی انجام می‌گیرد. در راکتور UASB می توان با طراحی دقیق سیستم توزیع کننده در قسمت تحتانی راکتور تماس خوبی بین فاضلاب و لجن ایجاد کرد .

در راکتورهای با بستر سیال شده یا گسترش یافته برای انبساط بهتر باید از برگشت جریان خروجی استفاده کرد . بدیهی است که برای فاضلاب های غلیظ ، نسبت جریان برگشتی بالا خواهد بود .

بنـــابراین این راکتورها برای فاضلاب های رقیق بسیار مناسب می باشند در این راکتور ها با طراحی دقیق سیستم توزیع کننده خوراک می توان از کانالیزه شدن جریان در طول بستر جلوگیری کرد.

۵-۴- حذف مواد معلق

مواد معلق قابل هضم تقریباًدر همه راکتورها قابل تحمل می باشند ولی از آنجایی کـه زمان ماند میکروبی در راکتور تماسی و UASB بالا می باشد ،می توان انتظار داشت که این راکتورها تا حدود زیادی می توانند مواد معلق را حذف کنند در راکتور فیلتر با جریان رو به پایین، زمان ماند میکروبی تقریباً با زمان ماند هیدرولیکی برابر می باشد حذف مواد معلق کمتر خواهد بود ولی اگر مواد معلق غیر قابل هضم باشند برای راکتورها مشکل آفرین خواهند شد .

۶-۴- راه اندازی راکتور ها

بطور کلی راه ندازی همه سیستم های بی هوازی مشکل است و در اغلب آنها برای رسیدن به بار طراحی حداقل چهار هفته وقت لازم است که در میان راه اندازی راکتور UASB و راکتور با بستر سیال شده یا گسترش یافته از همه مشکل تر می باشد،علاوه براین راه انـــدازی ثانویه راکتور هـای با بستر سیال شده بـــعد از متوقف شدن راکـــتور مشکل است و راه اندازی راکتور ها ی تماسی و راکتورهای بستر ثابت ساده تر می باشد . راه اندازی راکتورUASB با استفاده از لجن گرانولی راکتور های UASB دیگر ممکن است زودتر انجام گیرد ،البته تر کیب فاضلاب در راه اندازی این نوع راکتور هانقش مهمی را ایفا می کند.

۷-۴- بار هیدرولیکی بالا

راکتور ها با رشد معلق (تمـــاسی ،UASB ،بسترهای سیال شده و گسترش یافته) به خاطر احتمال خروج بیوماس از سیستم، نسبت به بار های هیدرولیکی بیش از یک حد معین حساس می باشند در حالی که فیلتر بی هوازی جریان رو به بالا ، از حساسیت کمتری برخوردار است و فیلتر بی هوازی جریان پایین رو نسبت به بار هیدرولیکی بالا حساسیت ندارد . زیرا باکتری ها به آکنه ها چسبیده وبه راحتی از بستر خارج نمی شوند .

۸-۴- عملکرد فصلی

راکتور های پیشرفته بدون این که افت قابل ملاحظه ای در آن ها اتفاق‌بیفتد می توانند متوقف شده و دوباره راه اندازی شوند، خصوصاً وقتی که در دماهای پایین (۲۰ - ۰ درجه سلسیوس) نگه داشته شوند . زیرا باکتری های متان زا به مواد غذایی کمتر احتیاج دارند و بیوماس تا حدود زیادی در راکتوروجود دارد . بنابراین استفاده از پروسه های بی هوازی برای فاضلاب های فصلی مناسب‌می باشد.

لغت نامه

اکسیژن مورد نیاز

پارامتری مهم در تصفیه فاضلاب و نشان دهنده مقدار اکسیژن مورد نیاز جهت تجزیه مواد آلی (محصول نهایی مواد حیوانی و گیاهی که زمانی زنده بود ه اند) در فاضلاب است . نیاز مزبور می توانـــد به عنوان اکسیژن لازم جهت اکسید کردن ۱ - کل کربن ، ۲ - نیتروژن قابل اکسید شدن ، ۳- برخی از سایر ترکیبات قابل اکسید شدن تلقی گردد. اهمیت حذف مواد آلی قابل اکسید شدن فاضلاب این است که محصولات نهایی دیگر بیماری زا نیستند (یعنی دیگر قادر به ایجاد بیماری نیستند) و دیگر قادر به اعمال مواد قابل تجزیه بیولوژیکی پس از تخلیه فاضلاب تصفیه شده به محیط زیست نمی باشد .

اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)

تعیین‌کننده کل مقدار اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه بیولوژی ۱ - مواد کربنه ، ۲- مواد نیتروژن دار قابل اکسید شدن ،و به مفهومی میزان اکسیژن مورد نیاز جهت انجام فعالیت بیولوژیکی در برکه هوازی است.

اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی ۵ روزه (BOD_5)

تعیین‌کننده مقدار اکسیژن مورد نیاز جهت انجام فعالیت بیولوژیکی در طی ۵ روز در درجه حـرارت ۲۰ درجه سانتیگراد می باشد .این عمل به عنوان مرجع استاندارد پذیرفته شده تا مقادیر BOD در فاضلاب ها با هم قابل مقایسه می باشند.

اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)

تعیین‌کننده کل مقدار اکسیـــژن مورد نیاز جهت اکسید کـــردن مواد آلی در فاضلاب می باشد.

باکتری های بی هوازی اجباری

باکتری های که فقط در مجاورت عدم وجود اکسیژن می توانند فعالیت کنند و زنده بمانند .

باکتریهای بی هوازی اختیاری

باکتری هایی که می توانند بر حسب شرایط هوازی یا بی هوازی باشند.

باکتری های هوازی اجباری

باکتری های که فقط در مجاورت اکسیژن می توانند فعالیت کنند و زنده بمانند .

برکه

آبی که داخل گودالی در داخل زمین و یا درون مخزنی ساخته شده بر روی زمین با خاکریز ، و یا ترکیبی از این دو نگهداری می شود .

برکه اختیاری

یک برکه تثبیت فاضلاب که لایه عمده بالایی آن دارای اکسیژن محلول بوده (لایه هوازی) و لایه پایینی آن عاری از اکسیژن (لایه بی هوازی) می باشد .

یک لایه حد وسط نیز شناخته شده است . در لایه بالایی جلبک و هر دو نوع از باکتری های اختیاری و هوازی‌به صورت مشترک وجود دارند .

برکه بی هوازی

یک برکه تثبیت فاضلاب عاری از اکسیژن محلول و محلی که باکتری های بی هوازی مواد آلی پیچیده را تجزیه می کنند.

پاتوژن

بیماری زا

خوراک

فاضلاب ورودی، فاضلاب و میکرو ارگانیسم ، سوبسترا

راکتور

تانکی که در آن فاضلاب با میکرو ارگانیسم ها در تماس است و

سنتز

فعالیت و تکثیر میکرو ارگانیسم ها

پساب

ممکن است فاضلاب خانگی ، پساب های صنعتی و یا ترکیبی از این دو مانند فاضلاب شهری مناطق صنعتی باشد.در این کتاب واژه " فاضلاب " معادل فــاضلاب های خانگــی و فاضلاب صنعتی به کار گرفته شده است .

فرآیند بی هوازی

فرآیند بیولوژیکی که در غیاب اکسیژن انجام می شود .

فرآیند هوازی

در برکه های تثبیت فاضلاب فرآیند بیولوژیکی است که به اکسیژن نیاز دارد .

لجن اولیه

لجن حاصل از ته نشینی اولیه

لجن ثانویه

لجن حاصل از ته نشینی ثانویه

واحد جرم سلولی

منظور جرم یک سلول میکرو ارگانیسم است.

هیدرولیز

تجزیه مواد آلی سنگین فاضلاب توسط باکتری ها

کتابنامه

1- Azimmy,A.A,"naerobic sewage treatment ,"Water&Environment,No16,PP. 44-49,May.1996
2- Benefield,L.D.Radall.C.W,"Biological process design for wastewater treatment",1980
3- Kenndy ,K.J. and Guiot,S.R."Anaerobic upflow bed .Filter development and application"Wat .Sci,tech,Vol18,NO.12, PP.71-86,1986 .
4- Kosaric:N:Blaszczy:K.R.orphan,"Factors influencingformation and maintenance of granulsin an aerobic sludge blankerreators (VASBR),"Wat .Sci,Tech,Vol. 22, No.9 PP.275.282.1990
5- Malina,J.F.pohland,F.G."Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastewater ," 1992 .
6- Lettinga .G.Hulshoffpol .L.w>"VASB process design for various tv ypes of wastewater " , Wat Sci , Vol . 24 , No .8 , PP. 87 - 107 , 1991
7-Stronach ,S. M. Rudd .T . L ester . J. N . "Anaerobic digestion processes in industrial wastewater " 1986 .
8- Tilch , A , Vieira , S .M.M " Discussion report on reactor design of an aerobic filters and sludge b ed reactors " , J . wat , S ci , Tech .Vol.24,No.8 Italy - Brazil , 1991 .
9- V anlier . J Bal , " Start - up of athermoph ilic up flow anaerobic bed (UASB)reactor with mesophilic d ranular sludg , " , Appc . Microbial . B iotechnol vol . 37, , pp 130 -135 . 1992
10- Wu. W.Hujicai, G.U .Ziasheng . "Cultivation ofanaerobic granular sludg in UASB reactor with anaerobic acthvated sludg as seed ", Wat , Res , Vol . 21 , No 7 , pp, 789-799 , 1987.
11- Vanlier , J . B . Rintala . G . Effect of short - term temperater increase on the performance of a mesophilic UASB reactor " , Wat . sci .Tech,Vol .22,No.9,pp183-190,1990
12- ARCEVALA,J.S .etal . (1970) . Weste stabilization ponds-Design, Costruction and operationin India. Central puplic Health Engineering Research Institute, Nagpur , India .
13- ECKENFELDER Jr,W. W. (1971): Industrial water pollution Control , McGraw-Hill Newyork , USA : P . 211
14- GLOYNA , E.F . (1971) : waste stabilization Ponds , WHO, Genvea
15- Mat calf & Eddy INC
Wastewter Engineering:treatment Dispostal reuse
2.Edition medrow Hill Newyork (1983)
16- M.j. Hammer
water And waste - water technology.
Edition - jihn Wiley & newyork - 1975.

۱۷) تجریـشی . مـسعود ، قنبرعلـی . محمـود ، پایـان نامـه کارشناسـی ارشـد " تصفیه پساب به روش برکه های تثبیـت بـرای اسـتفاده مجـدد " ، دانـشگاه صنعتی شریف ، ۱۳۷۵ .

۱۸) محمد نژاد . شاهین ،نوریمند.کاووس ،فرآیند لجن فعال و مبانی راهبری آن ،دفتر امور محیط زیست وزارت صنایع و معادن ، ۱۳۸۰ .

۱۹) منزوی . م.ت ، تصفیه فاضلاب شهری ، جلد دوم ،انتشارات دانشگاه تهران .

۲۰) ندافی.کاظم ،نبی زاده . رامین ، برکه های تثبیت فاضلاب (WHO) ،ترجمه.